INRA
Alimentation
Agriculture
Environnement

N°20 - MARS 2012 magazine



▶ HORIZONS
L'Inra engagé dans le plan national de réduction des pesticides

▶ RECHERCHES
La santé des enfants dans l'assiette des parents

▶ REPORTAGE
La recherche comme objet de recherche

▶ DOSSIER
L'eau, de la terre au verre

sommaire



Chers lecteurs,

Concilier les performances économiques, sociales et environnementales de l'agriculture est plus que jamais une priorité de l'Inra. Inscrite dans le document d'orientation 2010-2020, elle structure le dispositif de recherche, au travers notamment des schémas stratégiques de nombreux départements et de plusieurs programmes pluridisciplinaires. Elle se traduit aussi par un engagement sans faille dans le plan national « Ecophyto 2018 » qui vise à réduire de 50%, si possible, l'usage des pesticides à l'horizon 2018. Dans le cadre de ce plan, l'Inra développe des recherches ciblées sur des verrous en matière de protection des cultures, ainsi qu'un système d'information sur les systèmes de production économes en pesticides. Ce système d'information a vocation à s'élargir au-delà de la seule dimension des phytosanitaires et constituera ainsi un outil partagé sur les systèmes agricoles innovants et durables dans les trois dimensions de l'économique, du social et de l'environnement. C'est dans cette perspective qu'il y a deux ans maintenant, l'Inra a créé le Groupement Relance Agronomique (GIS RA), avec le ministère en charge de l'Agriculture et les partenaires de la formation et du développement. Ce groupement a pour objectif de coordonner entre ses membres les actions de recherche, d'expérimentation et de formation sur les systèmes de production agricole et les innovations en ce domaine. Relever le défi de la durabilité de l'agriculture est possible mais nécessite que tous les acteurs unissent leurs efforts dans le cadre d'un partenariat renforcé, chacun occupant sa place dans le respect de la diversité des enjeux et des approches. Ainsi, les possibilités de « boucles de progrès » seront multipliées.

Hervé Guyomard


INRA
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147 rue de l'Université • 75338 Paris Cedex 07
www.inra.fr

Directrice de la publication : Marion Guillou. **Directeur éditorial :** Jean-François Launay. **Directeur de la rédaction :** Antoine Besse. **Rédactrice en chef :** Pascale Mollier. **Rédaction :** Laurent Cario, Brigitte Cauvin, Catherine Foucaud-Scheunemann, Evelyne Lhoste, Sylvia Marion, Cécile Poulain, Flavian Raynaudon, Gérard Simonin, Anaïs Tibi. **Photothèque :** Jean-Marie Bossennec, Julien Lanson, Christophe Maître. **Couverture :** Photo : © goodluz - Fotolia.com. **Maquette :** Patricia Perrot. **Conception initiale :** Citizen Press - www.citizen-press.fr. **Impression :** Imprimerie CARACTERE. Imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement. **Dépôt légal :** mars 2012.





Renseignements et abonnement : inramagazine@paris.inra.fr

ISSN : 1958-3923

L'Inra engagé dans le plan national de réduction des pesticides



© Inra / Inra Dijon UMR Agroécologie

En réponse à la directive européenne 2009/128/CE, la France s'est dotée d'un plan d'action national, appelé Ecophyto 2018, qui vise à réduire de 50% l'utilisation des pesticides si possible à l'horizon 2018. L'Inra est partie prenante de cette démarche, ayant inscrit la recherche de systèmes agricoles durables dans ses axes prioritaires.

Réduire de 50% l'utilisation des pesticides nécessiterait de convertir toute l'agriculture française en « production intégrée » (voir encadré), telle était une des conclusions de l'étude Ecophyto R&D, parue en 2010, pilotée par l'Inra avec de nombreux partenaires (1). « *Même si cette simulation comportait des limites méthodologiques assumées, elle donne une bonne idée de l'ampleur de la tâche,* analyse Christian Huyghe, directeur scientifique adjoint Agriculture de l'Inra. *Si une telle évolution est envisageable aujourd'hui, c'est que de nombreux acteurs s'y sont déjà engagés depuis des années... y compris la recherche* ».
Après l'expertise collective « Pesticides, agriculture et environnement » (2005) et l'étude Ecophyto R&D qui ont donné aux pouvoirs publics des éléments de réflexion, l'Inra poursuit son engagement en participant au plan Ecophyto 2018 de plusieurs manières : par la recherche, par l'expérimentation, par la structuration des partenariats.
L'Institut s'implique dans les axes de recherche définis dans Ecophyto 2018, par exemple, l'élaboration d'indicateurs d'impact des pesticides plus intégratifs que ceux dont on dispose actuellement. Mais au-delà, c'est une réorganisation de son dispositif de recherche que l'Inra a progressivement conduit pour mieux traiter la question de la réduction des intrants en agriculture : création en 2000 d'un département interdisciplinaire consacré à la protection des plantes, mise en œuvre dès 1987 de programmes de « Protection intégrée des cultures » et en 2011, d'un métaprogramme plus intégratif encore de « Gestion durable de la santé des cultures » qui associe les sciences sociales aux sciences agronomiques.
L'Inra s'investit dans deux grands dispositifs prévus dans le plan : d'une part, des fermes pilotes (plus de 2 000 exploitations), d'autre part, des dispositifs expérimentaux (une vingtaine) qui permettent de tester des solutions plus radicales. L'Inra prend en charge également la conception d'une base de données informatique pour rassembler les résultats. « *Les expérimentations menées à l'Inra depuis plus de dix ans - blés rustiques à Rennes, gestion des adventices à Dijon, vergers à Gotheron, vigne à Couhins, etc. - dont certaines sont reprises dans Ecophyto 2018 - permettent de défricher le terrain et d'éviter les fausses pistes,* poursuit Christian Huyghe. *Il est important de continuer à collecter des résultats dans toutes les régions de France car ce qui marche ici ne marche pas ailleurs. C'est le rôle de la recherche que d'explorer des solutions adaptées à chaque contexte* ».
L'Inra s'implique dans la coordination entre les différentes formes de partenariats avec le monde agricole au travers du GIS « Relance agronomique » (voir article suivant).
L'Institut coordonne aussi de grands projets européens, « Endure » et « Pure », pour la mise en œuvre de la protection intégrée à travers l'Europe.
Au total, des actions passées, présentes et futures qui marquent l'engagement de l'Inra dans la conception de nouveaux systèmes de culture durables.

Pascale Mollier

La « production intégrée » consiste à substituer aux systèmes intensifs cohérents qui ont prévalu dans les années 70-80, des systèmes tout aussi cohérents, mais basés sur une autre logique : la prévention, pour limiter les traitements. Il s'agit de créer des conditions défavorables aux pathogènes et d'utiliser le potentiel d'autorégulation de l'écosystème, par une combinaison de pratiques complémentaires : variétés résistantes, ajustement de la fertilisation azotée, lutte biologique, diversification des cultures, voire introduction de nouvelles cultures et donc de nouvelles filières...
La « protection intégrée », moins globale, consiste à appliquer une ou plusieurs de ces pratiques aux systèmes conventionnels.

(1) www.inra.fr/l_institut/expertise/expertises_realisees

+d'infos

- **web :** www.inra.fr/les_recherches/l_inra_engage_dans_ecophyto_2018
- **contacts :** Hervé Guyomard, Directeur scientifique (DS) agriculture ; Christian Huyghe, DS agriculture adjoint ; Philippe Lucas, chargé de mission auprès du DS agriculture dsagriculture@paris.inra.fr

Recherche, formation, expérimentation

tiercé gagnant pour le partenariat agricole


© Inra / Michel Meuret

Le Groupement d'Intérêt Scientifique « Relance Agronomique » (GIS RA) a été créé il y a deux ans pour renforcer la coopération entre la recherche, la formation et le développement agricole. Des éclairages sont apportés, avec quelques exemples de réalisations.

L'agriculture est confrontée à un triple défi, alimentaire, énergétique et environnemental. Les systèmes de production doivent évoluer vers une agriculture à haute valeur économique et sociale, préservant les ressources et valorisant l'environnement. Lors du Salon de l'Agriculture 2010, Guy Riba, alors vice-président de l'Inra, soulignait « *la nécessité de tendre vers un changement radical des pratiques agricoles* ». Il ajoutait aussitôt : « *chaque acteur n'a qu'une efficacité limitée, c'est donc tout le système de recherche-formation-développement que nous remobilisons en lançant, avec nos partenaires, le Groupement d'Intérêt Scientifique Relance Agronomique* ».
Avec l'agronomie - au sens large - au cœur de sa démarche, ce GIS (1) joue un rôle de carrefour stratégique. Son objectif : élaborer, repérer et diffuser plus efficacement les pratiques innovantes et durables vers les exploitations et les filières de production. Pour cela, il recherche les synergies entre les partenaires ; il coordonne les processus de décision d'actions à long terme ; il participe à l'implication plus étroite d'agriculteurs, eux-mêmes sources d'innovation. Son président est Hervé Guyomard, directeur scientifique Agriculture à l'Inra, et son vice-président, Jo Giroud, secrétaire général de l'APCA. Pour Hervé Guyomard, « *le partage de l'information est un point capital. Le GIS RA doit permettre de mutualiser les connaissances et de construire une base collective de données sur les systèmes de culture, les pratiques et les innovations en agriculture* ».

Identifier les verrous

Dans l'axe de travail « recherche » animé par Christian Huyghe (Inra), le GIS cherche à identifier les verrous à lever pour concevoir et faciliter l'adoption de nouvelles pratiques. Il explore les initiatives venant de la recherche, du développement, mais aussi des agriculteurs eux-mêmes. Cet axe a notamment mis en lumière deux questions clés : l'analyse du plafonnement des performances en productions végétales comme en productions animales, et le couplage animal-végétal à l'échelle des territoires. Ce dernier sujet est à l'interface des champs de réflexion des GIS « Grandes cultures » et « Elevages demain ». Il fait écho à plusieurs programmes de recherches transdisciplinaires de l'Inra. Les disciplines biologiques et agronomiques sont concernées tout autant que les sciences humaines.

Partenaires actuels du GIS Relance Agronomique

- **Membres fondateurs :**
  - Ministère de l'Agriculture (Direction générale de l'enseignement et de la recherche)
  - Inra
  - AgroParisTech
  - Acta, le réseau des instituts des filières animales et végétales
  - APCA, Assemblée permanente des chambres d'agriculture
  - Onema, Office national de l'eau et des milieux aquatiques
- **Membres associés :**
  - Coop de France
  - Réseau Trame
  - Réseau Agriculture Durable-CIVAM

Le GIS est ouvert à d'autres partenaires et plusieurs demandes d'adhésion sont en cours d'examen.

ARTICULER LES PROJETS

Des Groupements d'Intérêt Scientifique

- par thématiques :
  - Biotechnologies vertes
  - Agenae
  - Sol
- par filières :
  - Production intégrée des cultures légumières (PICleg)
  - Elevages demain
  - Systèmes de production de grande culture à hautes performances économiques et environnementales (GCHP2E)

En construction :
- Fruits (2012)
- Pisciculture demain (2012)
- « Viti »

Des Unités Mixtes Technologiques

Exemples d'UMT :
- Gestion génétique et génomique des populations bovines (G3)
- Protection des abeilles dans l'environnement (PRADE)
- Connaissance et gestion des émissions de protoxyde d'azote par les cultures (GES N20)...

Des Réseaux Mixtes Technologiques

Exemples de RMT :
- Elevages et environnement
- Développement de l'agriculture biologique
- Systèmes de culture innovants...

Le dispositif ECOPHYTO

Le GIS RA agit en interaction avec des dispositifs déjà construits en multipartenariat et engagés à long terme : GIS thématiques, GIS dédiés à une filière de production, UMT et RMT (1) pour ne citer que les principaux (2). Le GIS est également en relation avec le plan ECOPHYTO 2018 lancé par le ministère en charge de l'Agriculture (3).

(1) Les unités mixtes technologiques (UMT) rassemblent sur un même site des partenaires de la recherche et du développement autour d'un programme précis pour une durée de trois à cinq ans. Les réseaux mixtes technologiques (RMT), plus larges, peuvent associer en plus des acteurs du conseil et de la formation (Acta, chambres d'agriculture, établissements d'enseignement), et des professionnels. Les UMT et les RMT sont issus de la Loi d'orientation agricole de 2006.

(2) Autres dispositifs ou démarches multipartenaires impliqués : agro-transfert, GIS régionaux, plates-formes technologiques et expérimentales, groupes filières, programmes Pour et sur le développement régional...

(3) Ecophyto : http://agriculture.gouv.fr/ecophyto

Compléter la formation

Le GIS RA se déploie également dans un axe dédié à la formation des acteurs qui jouent un rôle clé dans la transformation des pratiques agricoles : conseillers, enseignants, expérimentateurs, animateurs de bassins... Il s'agit d'inventorier les formations existantes, d'en proposer de nouvelles et de mieux diffuser l'ensemble. Pour Thierry Doré (AgroParisTech), qui anime cet axe: «*si l'agronomie est au cœur des formations, elles doivent aussi impérativement prendre en compte les évolutions des métiers*». En 2011, une formation «Conseiller demain en agronomie» a été proposée par AgroParisTech et Résolia (centre de formation de l'APCA) en lien avec le RMT «Systèmes de culture innovants» et avec l'appui de l'Inra. Plusieurs groupes de travail ont été mis en place, notamment sur la dynamique du changement, la mixité des publics en formation, et, en lien avec l'Onema, la formation des animateurs d'aires d'alimentation de captage d'eau.

Coordonner les expérimentations

Dans l'axe «expérimentation» animé par Philippe Vissac (Acta), le GIS vise une meilleure prise en compte des aspects systémiques, avec des expérimentations conduites sur des échelles d'espace et de temps élargies. Il s'agit d'identifier des lieux pour des expérimentations dites «de rupture» et de comprendre les mécanismes d'appropriation par les agriculteurs. Autre point important, l'harmonisation des protocoles expérimentaux qui permettra des interprétations croisées cohérentes et la mise en relation des données avec d'autres sources d'informations, par exemple sur les ressources naturelles et sur les milieux. L'objectif est d'aboutir à un «maillage» des nombreux dispositifs existants : unités expérimentales de l'Inra, sites des instituts techniques ou des chambres d'agriculture, réseaux d'agriculteurs, etc.

Diffuser les résultats

Le GIS veut assurer une plus grande visibilité des programmes multipartenaires, faciliter la connaissance mutuelle entre réseaux et mettre en commun leurs productions : ouvrages (2), guides pratiques, outils d'aide à la décision... Une journée de restitution des résultats de R&D obtenus dans le cadre de l'appel d'offres du CASDAR (3) sera organisée tous les ans, la première ayant eu lieu en novembre 2011. Les résultats sont publiés dans la revue en ligne de l'Inra «Innovations agronomiques».
Le site Internet fait la liaison entre les partenaires et rend les actions et résultats accessibles pour tous les acteurs de l'agriculture, de l'environnement et du développement territorial. ●

Brigitte Cauvin

(1) Un Groupement d'Intérêt Scientifique est une structure souple qui fédère des partenaires, des compétences et des moyens autour d'un projet commun.

(2) Par exemple, aux éditions Educagri et en coédition avec Quae :
- «Repenser la protection des cultures, innovations et transitions», P. Ricci, S. Bui, C. Lamine, 2012.
- «Elevage et environnement», S. Espagnol, P. Leterme, 2010.
- «Transitions vers l'agriculture biologique», S. Bellon, C. Lamine, 2010.
- «Conseil et développement en agriculture, quelles nouvelles pratiques?», C. Compagnone, C. Auricoste, B. Lémery, 2009.
- «Systèmes de culture innovants et durables, quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer?», R. Reau, T. Doré, 2008.

(3) Appel d'offres du Compte d'affectation spéciale «développement agricole et rural», (CASDAR), journée 2011 : www.inra.fr/ciag/revue/volume_17_novembre_2011

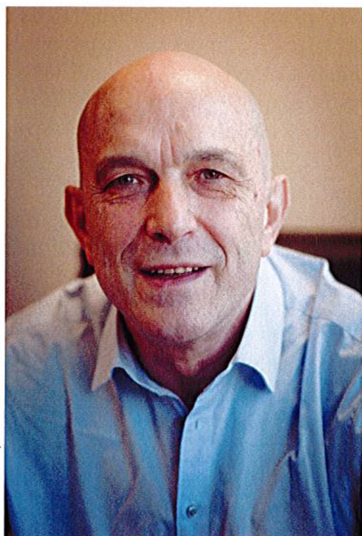
+d'infos

web :
Site web du GIS Relance Agronomique
www.gis-relance-agronomique.fr

contact :
martine.georget@paris.inra.fr,
secrétaire générale du GIS Relance Agronomique

Regarder le passé en se tournant vers l'avenir

Le comité Histoire a été créé en 2005 pour recueillir et mettre à disposition les éléments d'une histoire de la recherche agronomique à l'Inra et au Cirad. Son nouveau président nommé en 2011, Egizio Valceschini, présente les principales évolutions qu'il souhaite impulser à cette mission pas comme les autres.


© Inra / Christophe Maître

Quelle est votre mission comme président du comité Histoire ?

Egizio Valceschini : Ma mission est de rationaliser les trois champs d'action de ce comité, créé en 2005, à savoir les productions du comité Histoire en tant que telles pour promouvoir les travaux bibliographiques sur l'histoire de la recherche agronomique, l'enrichissement du fonds Archorales et la préservation des archives scientifiques. Je n'avais pas d'idée préconçue du comité Histoire quand j'ai été nommé à sa tête par la direction générale. J'ai d'ailleurs consacré la première partie de mon mandat à consulter les membres du comité pour bien en comprendre les activités. Ensuite, nous avons collectivement défini ses missions et élaboré une stratégie à cinq ans, avec en ligne de mire le 70e anniversaire de l'Inra en 2016.

Quelles nouvelles actions le comité va-t-il entreprendre ?

E. V. : Un de nos objectifs prioritaires est d'accroître notre visibilité. Cela passe par une nouvelle organisation et un élargissement du collège initial à un deuxième cercle plus diversifié. Il s'agit de rajeunir le comité et d'impliquer davantage des chercheurs des sciences biotechniques s'intéressant à l'histoire de leur discipline ou de leur département. Les adhérents à ce second cercle se réuniront une fois par an pour un colloque thématique. Une plus grande ouverture aux chercheurs du Cirad vise, en outre, à mieux couvrir la dimension internationale de la recherche agronomique. La valorisation des travaux du comité passe aussi par le développement des moyens de diffusion. Nous allons avoir un espace sur le prochain site web de l'Inra à destination du grand public mais aussi un site dédié aux professionnels.

Quelles sont les solutions trouvées pour l'archivage scientifique ?

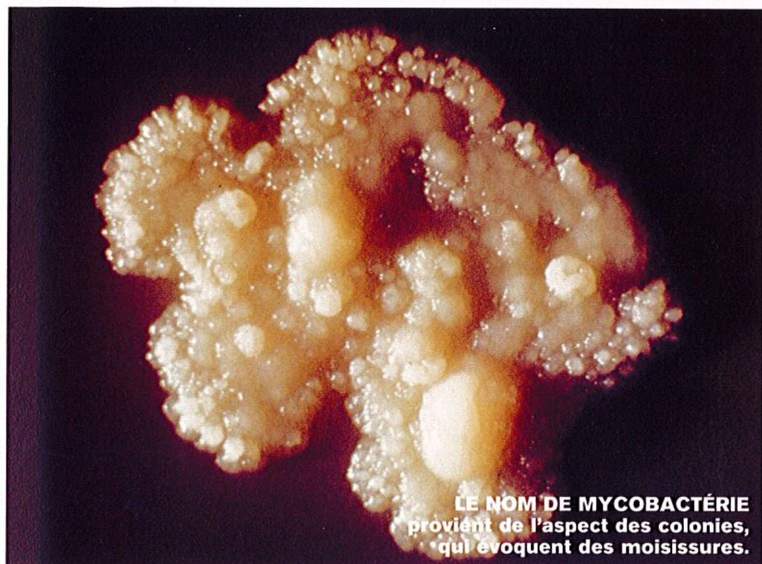
E. V. : L'Inra a signé avec les Archives Nationales une convention pour créer un groupe de travail commun qui a pour but d'élaborer une « charte d'archivage de l'Inra », à destination des centres régionaux. Par ailleurs, le comité Histoire souhaite favoriser une meilleure valorisation des archives orales constituées par le fonds Archorales, soit près de 350 entretiens réalisés depuis sa création en 1995, dont plus de 120 publiés. Archorales est né de l'idée que, de nombreuses personnes partant à la retraite, il fallait en garder une mémoire, grâce à leurs témoignages, sans se reposer uniquement sur l'archivage documentaire, incomplet et difficile à mettre en œuvre. Aujourd'hui, on veut dépasser cet objectif originel de « mémoire » et faire d'Archorales un véritable fonds scientifique. Pour l'instant on « stocke » les entretiens réalisés, il faut les rendre exploitables - par exemple en les indexant - pour les chercheurs, historiens, sociologues des sciences mais aussi prospectivistes. Nous voulons mener ce projet avec des historiens ou des chercheurs en sciences sociales, et nous cherchons des partenaires qui pourraient être intéressés par la valorisation de ce fonds, comme par exemple la Maison des Sciences de l'Homme de Dijon avec qui nous sommes en contact par l'intermédiaire des équipes de sociologie de l'Inra.

Qu'apporte la recherche historique à l'Inra ?

E. V. : Mon idée est que regarder le passé à la lumière des préoccupations présentes de la société permet de mieux penser les orientations futures de la recherche. Je vais vous donner un exemple à partir du travail engagé en 2010 par le comité Histoire sur « La représentation de la prairie dans la pensée agronomique du 20e siècle en France » ; travail qui rejoint une réflexion plus vaste sur l'émergence de l'agro-écologie dans la science agronomique. Dans les années 50, tout un pan de l'agronomie visait à éliminer ou à homogénéiser les prairies et un autre s'est au contraire interrogé sur l'intérêt de cultiver les prairies pour maintenir la diversité de la flore au service, par exemple, des AOC fromagères. Rétrospectivement, on retrouve la question très actuelle de la biodiversité. L'analyse historique est importante pour éclairer les choix de recherche et la manière de les mener. Cela peut aussi inciter les nouvelles générations de chercheurs à creuser leur bibliographie, qui remonte rarement au-delà de dix ans, et donner une plus grande profondeur historique. Pour chaque objet de recherche, on peut apporter une mise en perspective historique et mieux raisonner nos choix actuels.

Propos recueillis par Antoine Besse

Tuberculose, paratuberculose des agents très spéciaux


© Inra / Maggy Grayon

LE NOM DE MYCOBACTÉRIE provient de l'aspect des colonies, qui évoquent des moisissures.

Les mycobactéries sont à l'origine de maladies graves chez l'homme et l'animal, tuberculose, lèpre, etc. Les difficultés que soulève l'étude de ces bactéries particulières ont incité les chercheurs à se réunir en un Mycoclub, fondé en 2010 par l'Inra de Tours et l'Institut Pasteur de Lille.

Les mycobactéries constituent une famille de bactéries très étendue dont certaines infectent le poumon ou l'intestin, et sont à l'origine de la paratuberculose (1) bovine, de la tuberculose humaine et bovine et de la lèpre. En France, la paratuberculose bovine progresse avec un impact économique élevé. La réémergence de la tuberculose bovine menace notre statut très précieux de pays indemne de tuberculose. Chez l'homme, cette maladie est encore responsable aujourd'hui de deux millions de morts par an dans le monde. Même si la connaissance de ces redoutables agents pathogènes progresse, les moyens de lutte (diagnostic, vaccin ou antibiotiques) sont insuffisants. Le Mycoclub est né de la nécessité de rassembler la communauté scientifique éclatée des mycobactériologistes européens. La deuxième réunion de ce club, organisée par l'Inra à Tours (2), a réuni 150 chercheurs francophones, témoignant du dynamisme et de la compétitivité de cette communauté sur le plan international.

Des bactéries paresseuses…

Pour Nathalie Winter et Franck Biet, chercheurs à l'Inra de Tours (3) : « *les mycobactéries pathogènes sont des bactéries à croissance lente, ce qui les rend très difficiles à cultiver.*

L'isolement d'une souche à partir d'un prélèvement peut durer plusieurs mois. Pour les bacilles de la tuberculose, il faut de plus travailler en laboratoire confiné. Enfin, les milieux de culture sont très spécifiques, il n'en existe pas par exemple pour Mycobactérium leprae, *l'agent de la lèpre* ». Longtemps en retard par rapport à d'autres bactéries pathogènes, l'étude des mycobactéries bénéficie aujourd'hui des progrès de la génétique et de l'imagerie. Avec le séquençage du génome de nombreuses mycobactéries, les chercheurs disposent d'outils génétiques pour muter, ou déléter les gènes et étudier ainsi leurs fonctions. On peut également suivre le développement de bactéries recombinantes fluorescentes ou luminescentes dans les modèles animaux ou cellulaires. Enfin, des structures comme la plate-forme d'infectiologie expérimentale du centre de Tours offre la possibilité, unique en France, d'expérimenter sur les ruminants.

…mais très efficaces

« *Les mycobactéries ont déployé un arsenal élaboré pour résister aux défenses de l'hôte,* explique Nathalie Winter. *Elles vivent très bien à l'intérieur d'un macrophage qui est pourtant la cellule clé pour éliminer les agents pathogènes intracellulaires. Elles sont incroyablement sophistiquées, et ce parce qu'elles sont là depuis la nuit des temps : on a des signes d'infection par* Mycobacterium tuberculosis *chez les plus anciennes momies. Elles ont évolué avec l'hôte et ont été capables de s'adapter à tous les systèmes de défense de l'hôte en fabriquant de nouvelles molécules dans leur paroi* ». Nathalie Winter s'intéresse à la tuberculose, avec l'objectif d'améliorer les stratégies de lutte et de diagnostic. Elle étudie la réponse immunitaire innée lors de l'infection ou bien lors de la vaccination par le Bacille de Calmette Guérin (BCG), le seul vaccin actuellement disponible chez l'homme ».

Les travaux de Franck Biet visent à améliorer le diagnostic chez l'animal : « *nous cherchons d'une part à distinguer les bactéries pathogènes entre elles, d'autre part à les différencier des bactéries environnementales. Nous avons ainsi découvert un antigène spécifique de* Mycobactérium paratuberculosis. *Pour cette dernière, nous cherchons aussi des antigènes qui permettent de distinguer les animaux vaccinés des animaux infectés afin de concevoir de nouveaux vaccins* ». En effet, les animaux produisent globalement les mêmes anticorps dans les deux cas, ce qui pose des problèmes de diagnostic. Par ailleurs, le vaccin contre *Mycobactérium paratuberculosis* n'est plus disponible en France depuis 2001, quoiqu'encore utilisé dans d'autres pays européens.

Laurent Cario

(1) Infection intestinale chronique, aussi appelée maladie de Johne.

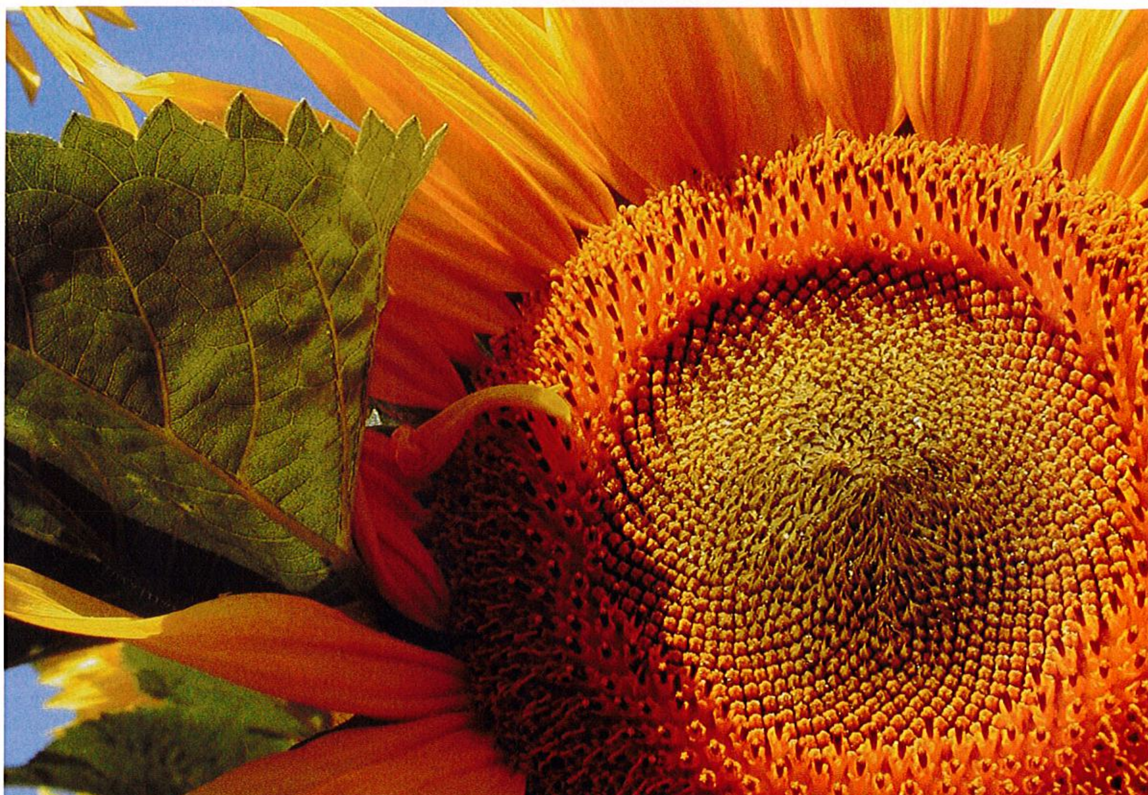
(2) Avec le soutien de partenaires régionaux : cluster de recherche en infectiologie de la région Centre, et nationaux : Inserm/Aviesan et industriels (Novartis-vaccins, Sanofi-Pasteur, Transgene, Genoscreen, Adiagen).

(3) Unité mixte de recherche Infectiologie et santé publique (UMR ISP).

+d'infos

contacts :
Nathalie.Winter@tours.inra.fr
Franck.Biet@tours.inra.fr

Variétés végétales tolérantes aux herbicides
Opportunités et risques pour les agriculteurs


©: L. Jung / CETIOM

Depuis 2010, de nouvelles variétés de tournesol et de colza, capables de résister à l'application d'un herbicide, sont en cours d'autorisation en France. Les ministères en charge de l'Agriculture et de l'Ecologie ont demandé au CNRS et à l'Inra de réaliser un état des lieux des connaissances scientifiques permettant d'évaluer les conséquences agronomiques, environnementales et socio-économiques de ces cultures dites « tolérantes à un herbicide » (TH).

« *En France, les cultures de maïs tolérantes aux herbicides ont été autorisées en 2000, le tournesol en 2010 et le colza est en cours d'autorisation* » explique Michel Beckert, directeur de recherche à l'Inra de Clermont-Ferrand et l'un des deux coordinateurs de cette expertise scientifique collective. En deux ans, les tournesols TH représentent déjà 11% de la sole française de tournesol, soit 80 000 hectares en 2011. Ces variétés TH sont non transgéniques, tolérantes à des herbicides sélectifs par ailleurs déjà utilisés pour les céréales (voir encadré). Aux Etats-Unis, précurseurs en la matière, l'adoption a été rapide et massive : cultivées depuis la fin des années 1990, les variétés transgéniques tolérantes à l'herbicide RoundUp® ont conquis en moins de dix ans 80% des surfaces cultivées de coton et de soja. L'adoption des VTH en betterave sucrière a été encore plus rapide, atteignant 98% des surfaces en deux ans !

Des économies à court terme

Des enquêtes réalisées auprès d'agriculteurs nord-américains ont mis en évidence que leur principale motivation dans le choix d'une VTH est la possibilité de réaliser des économies dans la gestion des adventices. En effet, l'agriculteur remplace le programme de désherbage classique par l'utilisation d'un seul herbicide : le RoundUp®, moins cher que les autres herbicides, et dont la flexibilité d'utilisation après la levée de la culture permet de sécuriser le désherbage et de gagner du temps. De plus, la culture de VTH facilite la simplification du travail du sol et notamment le non-labour, qui permet également de réduire le temps de travail et fait parfois l'objet d'incitations financières.

Une augmentation de la consommation d'herbicides à moyen terme

Les évolutions de consommations d'herbicides aux Etats-Unis montrent que dans les premières années de

culture, les quantités d'herbicide appliquées en culture TH sont plus faibles qu'en culture non-TH. Cet avantage des cultures TH se réduit néanmoins au cours du temps, jusqu'à devenir parfois défavorable dans le cas du soja et du coton. En cause, l'apparition de nouvelles difficultés de désherbage (adaptation de la flore adventice qui devient résistante à l'herbicide) qui conduisent l'agriculteur à augmenter de manière préventive et/ou curative les doses et le nombre d'herbicides appliqués dans sa parcelle. Le développement spontané de plantes résistantes est un phénomène général, connu pour toutes les classes d'herbicides. Yves Dessaux, directeur de recherche au CNRS, l'autre coordinateur de l'expertise, précise que « *des populations résistantes aux herbicides sont apparues chez plus de 200 espèces et dans toutes les classes d'herbicides. Ces populations peuvent acquérir pour certaines des résistances multiples* ».

Mode d'obtention d'une VTH

La présence de plantes adventices qui entrent en compétition avec la culture est l'un des principaux facteurs qui jouent sur le rendement.

Depuis la mise au point des herbicides de synthèse dans les années 1950, l'élimination de ces plantes indésirables repose majoritairement sur la sélectivité des herbicides, c'est-à-dire leur capacité à éliminer toutes les adventices sans préjudice pour les plantes cultivées.

L'action herbicide est basée sur des perturbations du métabolisme fortement pénalisantes voire létales pour l'organisme-cible. A l'heure actuelle, une vingtaine de modes d'action herbicide sont connus et exploités par les industries phytosanitaires. Devant la difficulté à découvrir de nouveaux modes d'action capables d'éliminer le spectre d'adventice le plus large possible sans affecter la culture, les industriels ont cherché dès les années 1980 à modifier les caractéristiques des variétés pour les rendre tolérantes à l'application d'un herbicide déjà existant et faciliter la mise en œuvre du désherbage chimique.

Trois méthodes ont à ce jour été utilisées pour obtenir des VTH pour les principales espèces de grandes cultures : la sélection de variants tolérants existant dans la nature, ou induits au laboratoire par mutagenèse, ou encore l'introduction de gènes de tolérance dans les lignées d'intérêt par transgenèse. Environ 95% des VTH cultivées dans le monde ont été obtenues par transgenèse. Celles qui font l'objet d'inscriptions au Catalogue français sont issues de la variabilité naturelle ou de la mutagenèse.

Des impacts sur la biodiversité liés à l'efficacité du désherbage

En termes d'effets environnementaux, les quelques études existantes montrent que les impacts des VTH sur la biodiversité semblent principalement être fonction de l'efficacité du désherbage, généralement plus performant en culture TH, qui réduit la flore adventice et se répercute sur l'ensemble de la chaîne trophique. Par ailleurs, l'adoption des VTH peut entraîner l'emploi accru d'un faible nombre de molécules sur des surfaces plus grandes, entraînant une teneur plus élevée de ces molécules dans les eaux.

Les VTH dans le contexte français

Les variétés de tournesols et de colzas TH développées en France sont associées à des herbicides déjà très employés, d'où un risque accru d'apparition de résistances spontanées chez les adventices-cibles. S'ajoute le risque inhérent à ces variétés, à savoir la possibilité de transfert du caractère TH à des adventices compatibles sexuellement. C'est pourquoi l'expertise conclut à l'intérêt d'une utilisation de ces VTH limitée dans le temps et l'espace, dans le cadre de bonnes pratiques agronomiques, associant des moyens de désherbage mécaniques et des rotations diversifiées. Se pose alors la question de mesures d'accompagnement pour inciter à ces bonnes pratiques. ●

Cécile Poulain et Anaïs Tibi

Accompagner l'innovation pour un usage durable

› INTERVIEW *Philippe Chemineau, directeur de la « Délégation à l'Expertise scientifique collective, à la Prospective et aux Etudes ».*

Quels enseignements la profession retire-t-elle de l'expertise ?

Philippe Chemineau : De nombreux semenciers, des firmes phytopharmaceutiques et le CTPS étaient présents lors du compte rendu de l'expertise. On espère que les industriels se sont saisis des conclusions pour mieux circonscrire leur recherche aux bonnes cibles de sélection. Nos réflexions sur l'accompagnement des agriculteurs dans une utilisation durable des VTH seront, j'espère, prises en compte par la profession et les instituts techniques.

Qu'en a retiré l'Inra ? Quelles sont les questions posées à la recherche à l'issue de l'expertise ?

P. C. : Nous avons dans l'idée de créer un modèle de prédiction sur l'apparition de résistances. Que cela soit pour les VTH ou pour toute autre innovation en cours d'adoption sur notre territoire, cette expertise nous donne des clefs pour assurer leur suivi et *in fine* leur pérennité. Plus généralement, nous nous sommes interrogés sur le processus de transfert d'une innovation et les conditions de leur maintien. L'expertise a confirmé la nécessité d'acquérir une plus grande approche systémique dans nos recherches. Cela nous interroge par exemple sur les compétences à intégrer dans les recherches : les VTH font-elles partie de la recherche en agro-écologie ?

+d'infos

contacts :
anais.tibi@paris.inra.fr

web :
Site de l'expertise collective :
www.inra.fr/l_institut/expertise

La santé des enfants dans l'assiette des parents


© Benjamin Earwicker / stock.xchng

A l'heure où le mode de vie occidental génère une épidémie d'obésité qu'aucune mesure de santé publique ne semble pouvoir enrayer, un nouveau domaine de recherche explore l'origine fœtale des maladies chroniques liées au surpoids. On sait maintenant que l'alimentation des deux parents avant la conception puis celle de la mère pendant la grossesse impriment des marques sur les génomes des cellules reproductrices, puis de l'embryon, marques qui affectent durablement sa santé.

Un nombre croissant d'études chez l'homme et chez l'animal confirment que dès les premiers instants de la vie, des facteurs environnementaux délétères peuvent prédisposer à certaines maladies chroniques chez l'adulte. Ainsi lorsqu'un embryon est malnutri, son développement est altéré. Le bébé sera très gros ou au contraire de petit poids. Dans ce dernier cas, il rattrapera son retard de croissance si l'alimentation postnatale est adaptée. Mais il restera plus sensible aux facteurs d'obésité que sont les excès alimentaires, la sédentarité et le stress. Or, l'obésité est le principal facteur de risque pour les maladies métaboliques (diabète, maladies cardio-vasculaires…), ce qui explique pourquoi les bébés de petit poids sont plus prédisposés que d'autres aux maladies chroniques.

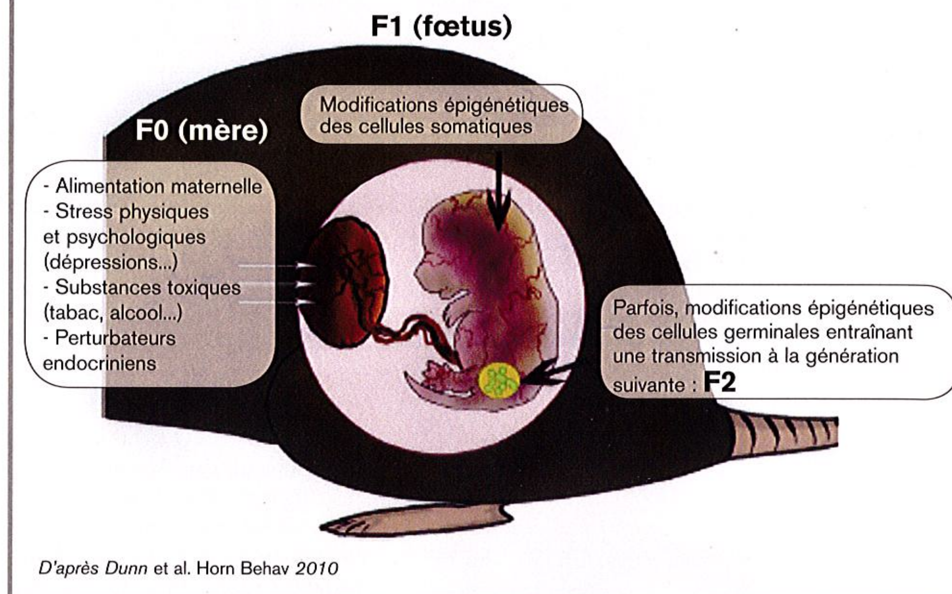
Dis-moi ce qu'a mangé ta mère

Des lapines nourries avec un régime hypergras avant leur puberté et tout au long de leur gestation donnent naissance à des lapereaux de faible poids. Au moment du sevrage, ces petits ont retrouvé un poids normal mais par la suite, ils deviennent obèses comme leur mère. On observe donc que l'embryon malnutri en garde des séquelles pour la vie. Quelle forme prennent-elles au niveau cellulaire ? Qu'advient-il si un adulte dispose d'un régime pléthorique alors qu'il a été malnutri pendant son développement ? Ces questions sont d'autant plus cruciales qu'aujourd'hui, plus de 25% des françaises débutent leur grossesse en état de surcharge pondérale et/ou de malnutrition protéique.

Corinne Cotinot, directrice de l'unité de Biologie du développement et de la reproduction (1), est convaincue que « *comprendre comment l'environnement de l'embryon affecte son développement dès les premières heures, permettra de mieux contrôler les caractéristiques morphologiques et physiologiques de l'adulte* ». Les travaux de l'équipe de Pascale Chavatte-Palmer, dans la même unité, illustrent l'importance de l'alimentation après la naissance : des lapereaux issus de lapines obèses deviennent obèses s'ils sont nourris par leur mère (lait hypergras) mais gardent un poids normal s'ils sont allaités par des lapines non obèses dont le lait est moins riche. A terme, on pourrait prodiguer des conseils alimentaires aux futurs parents, identifier des biomarqueurs pour dépister les enfants à risque, voire développer des régimes ou des traitements permettant de corriger la programmation fœtale.

L'alimentation peut « programmer » nos gènes

La notion de programmation fœtale veut que, pendant des périodes critiques de la vie prénatale, l'expression du génome du fœtus soit entravée par des changements dans son environnement nutritionnel, hormonal ou autre. Les filles de femmes obèses ne naissent pas obèses mais elles ont plus de chances de le devenir et de développer un diabète ou une hypertension que celles issues de femmes de poids normal. Elles vont ainsi à leur tour influencer le développement de leurs enfants. L'équipe de Claudine Junien (1) montre que chez les rongeurs cette transmission à la génération suivante dépend de l'alimentation : lorsque l'on soumet des souris à un régime hypergras dès le sevrage, 80% d'entre elles deviennent obèses alors que 20% restent minces. Lorsque ces femelles obèses sont croisées avec un mâle normal et alimentées pendant la gestation avec un régime équilibré, 43% de leur descendance restent minces, au lieu des 20% de la génération précédente. Le facteur de résistance à l'obésité a donc évolué d'une génération à l'autre.



D'après Dunn et al. Horn Behav *2010*

Des effets transmissibles de génération en génération

Alors que l'on pensait que les facteurs génétiques jouaient un rôle important vis-à-vis de l'obésité, des données récentes montrent que la part que l'on peut attribuer à l'hérédité n'est que de l'ordre de 10 à 15%. Des mécanismes épigénétiques (sur les gènes) sont également impliqués. Les marques épigénétiques n'affectent pas la séquence de l'ADN génomique, mais sa conformation et celle des protéines qui l'entourent. Ces marques agissent comme des interrupteurs en empêchant /permettant l'expression des gènes sur lesquels elles sont apposées. Ainsi, elles programment les caractéristiques morphologiques et physiologiques de l'embryon puis du fœtus et de l'adulte. Or, l'alimentation ou d'autres facteurs environnementaux peuvent les perturber (voir schéma). De plus, ces perturbations peuvent atteindre toutes les cellules du fœtus, y compris parfois ses cellules reproductrices (ovules ou spermatozoïdes). Ces marques sont normalement effacées après la fécondation, mais certaines persistent et permettraient ainsi à un caractère acquis par le parent porteur de s'exprimer chez l'enfant.

Pas d'égalité entre les sexes vis-à-vis de l'alimentation maternelle !

Dans les expériences précédentes, les souris mâles et femelles répondent différemment aux régimes alimentaires de la mère. Ainsi, si on normalise l'alimentation de souris obèses pendant la gestation, elles donnent naissance à plus de petits résistants à l'obésité, lesquels sont majoritairement des femelles ! L'étude de l'expression de l'ensemble des gènes exprimés dans le placenta de fœtus de souris mâles ou femelles pendant la gestation montre qu'ils n'utilisent pas les mêmes réseaux de gènes pour s'adapter à leur environnement nutritionnel. ●

Evelyne Lhoste

(1) L'unité mixte de recherche Biologie du développement et reproduction associe l'Inra - centre de Jouy-en-Josas - et l'École nationale vétérinaire d'Alfort. http://www4.jouy.inra.fr/bdr

L'épigénétique relance le débat sur les mécanismes évolutifs

Lamarck (1744-1829) défendait une théorie de l'évolution basée sur la possibilité de transmettre à la descendance l'adaptation d'un organisme à son environnement (hérédité des caractères acquis). Pour Darwin au contraire (1809-1882), ce sont les individus les mieux adaptés à l'environnement qui sont sélectionnés. Le rôle de l'épigénétique dans la transmission remet-elle sa théorie en question ? Pour Thomas Heams de l'UMR Inra-AgroParisTech Génétique animale et biologie intégrative, la réponse est non. « *Darwin n'a jamais exclu la possibilité d'une hérédité des caractères acquis. Pour lui c'était une force secondaire, la force primordiale étant le mécanisme de variation-sélection : la variabilité repose sur un mécanisme inné (on dirait aujourd'hui génétique), accompagné d'une sélection des formes les plus adaptées. C'est cette combinaison qui fait toute l'originalité de sa théorie.* ».

+d'infos

web :
www.inra.fr/les_recherches/developpement_alimentation_et_sante
http://epigenome.eu/fr
www.thebarkertheory.org
contact : Corinne.Cotinot@jouy.inra.fr

Fin des quotas laitiers
quelles conséquences ?

Le laboratoire d'Etudes et de recherches économiques (LERECO) du centre Angers-Nantes, en collaboration avec l'Institut de l'élevage, a développé un modèle mathématique de type bioéconomique permettant de simuler les conséquences de l'abandon des quotas laitiers à l'horizon 2015. Ce modèle révèle que de nombreuses exploitations laitières françaises seront en mesure d'augmenter leurs volumes de production à coûts fixes constants. Interview de Vincent Chatellier, directeur du LERECO.


© Inra / Vincent Chatellier

Que signifie la fin des quotas laitiers ?
Vincent Chatellier : La suppression du régime des quotas laitiers en 2015 constituera une nouvelle étape importante dans l'évolution de la Politique Agricole Commune (PAC). Elle s'inscrit dans la logique qui prévaut depuis plusieurs années, à savoir un désengagement de la puissance publique dans la régulation des marchés agricoles. L'ajustement de l'offre de lait à la demande ne sera donc plus arbitré par des règles administratives strictes fixées par les pouvoirs publics, mais par les entreprises de la transformation laitière au travers d'un système de contractualisation. Ce passage d'une régulation publique à une régulation privée va influencer l'évolution du secteur laitier au fil des prochaines décennies. A l'échelle européenne, la fin des quotas est susceptible d'engendrer une augmentation des volumes de production, une baisse du prix du lait et une concentration de l'offre dans certains bassins laitiers. Dans l'ouest de la France, l'avenir du secteur laitier dépendra pour beaucoup de la compétitivité des industries laitières sur les marchés européens et internationaux et de la capacité de ces exploitations à obtenir des gains de productivité (production de lait par emploi) tout en respectant les normes environnementales.

En quoi consiste votre modèle bioéconomique ?
V. C. : Le modèle (1) cherche à optimiser le revenu des exploitations laitières tout en tenant compte d'un ensemble de contraintes qu'elles soient zootechniques, agronomiques, environnementales, structurelles et réglementaires. Dans un contexte de forte volatilité, ce modèle intègre également les risques liés aux variations de prix. Il a été appliqué à quatre types d'exploitations représentatives des systèmes laitiers de l'ouest de la France. Il présente différentes stratégies productives réalistes en tenant compte des interactions entre les productions animales et végétales, des principales lois de réponse biologique et de la saisonnalité de la production agricole.

Quelles sont les stratégies d'adaptation possibles pour les exploitations laitières françaises ?
V. C. : Plusieurs facteurs peuvent permettre le développement de la production dans les exploitations laitières : l'amélioration de la productivité animale (génétique, systèmes alimentaires), la modification de la structure des assolements (recul des céréales au profit des cultures fourragères) et l'optimisation de la production fourragère (choix des cultures, vitesse des rotations, etc.). Au final, ce modèle permet, par exemple, d'évaluer l'intérêt de diminuer les surfaces en céréales au profit de la production laitière, en fonction des prix de marché de chaque produit et en tenant compte de la hausse significative du prix des intrants (engrais, énergie, etc.). Il donne aux décideurs publics une vision anticipée de l'adaptation possible des exploitations laitières au nouveau contexte. ●

Flavian Raynaudon et Sylvia Marion

(1) Modèle développé dans le cadre du projet Laitop du programme PSDR (Pour et sur le développement régional) Grand-Ouest.

+d'infos

références :
- Lelyon B., Chatellier V., Daniel K. (2011). Phasing out milk quotas: a bio-economic model to analyse the impact on French dairy farms. In: *The common Agricultural Policy after the Fishler reform.* Editions Publishing Limited (England), pp 393-416.
- Lelyon B., Chatellier V., Daniel K. (2011). The impact of decoupling and price variation on dairy farmers' strategy. In: *Disaggregated impacts of CAP reforms.* Editions OCDE, pp 111-131.

contacts :
Vincent.Chatellier@nantes.inra.fr

L'eau, de la terre au verre

Les sociétés humaines ont, vis-à-vis de l'eau, trois exigences majeures : la qualité, la quantité et la préservation des milieux aquatiques. Ce dossier donne des exemples de recherche pour mesurer et réduire l'impact des activités humaines sur la pollution des eaux. Trois secteurs d'activités sont abordés : l'agriculture, les industries agroalimentaires et les eaux usées. De la nature jusqu'à nos verres et assiettes, puis au-delà de notre évier, retraçons le parcours de l'eau potable.

INRA



© Inra / Jean Web

1 Eaux des champs, eaux des villes

Comme tous les secteurs de l'activité humaine, l'agriculture a besoin de l'eau qui circule dans la nature. L'Inra se penche en particulier sur le cycle de l'eau et sur deux sources de pollution liées à l'activité agricole : les nitrates et les pesticides.

Avec ses 2 000 milliards de m^3 d'eau souterraine, ses pluies relativement abondantes et son réseau hydrographique très dense, la France ne manque pas d'eau. Les prélèvements d'eau pour l'ensemble des activités humaines s'élèvent à 32 milliards de m^3 d'eau par an, dont 6 milliards seulement sont réellement consommés, car les secteurs de l'énergie, de l'industrie et de l'eau domestique recyclent l'eau prélevée à hauteur de 90%. Au contraire, l'agriculture restitue très peu d'eau au sol car la majeure partie de la ressource absorbée par les plantes s'évapore depuis la surface des feuilles par évapotranspiration. L'activité agricole représente donc 12% des prélèvements d'eau mais plus de 40% des volumes réellement consommés.

Pas de manque d'eau en France, mais vigilance de mise

Cependant, toutes les régions françaises ne sont pas logées à la même enseigne. Certaines régions, Bretagne, Massif central, ont une faible capacité en ressources souterraines, du fait de la présence d'un socle cristallin. En Bretagne, l'alimentation en eau potable dépend essentiellement des retenues d'eau de surface, dont le barrage d'Arzal, qui alimentera bientôt près du tiers de la population. Sur le pourtour méditerranéen, le climat est d'une part, plus sec et, d'autre part, sujet à de violents orages. Enfin, dans un grand quart sud-ouest du pays, l'augmentation des surfaces irrigables et le développement de la culture du maïs nécessitent de grandes quantités d'eau. Les arrêtés préfectoraux de

Dans le monde

- Depuis 1950, la population mondiale a triplé et la consommation d'eau a été multipliée par six.
- La consommation d'un Européen est en moyenne de 500 litres d'eau par jour, contre 10 litres par jour pour certains Africains. Le besoin en eau potable est évalué à 20 litres par jour (OMS).
- 1/3 de la population mondiale manque d'eau (ONU, UNESCO).
- On dénombre 5 millions de morts chaque année à cause de la mauvaise qualité des eaux (diarrhées infantiles, choléra).

restriction d'eau pour l'irrigation ou les usages domestiques sont là pour rappeler que l'eau est une ressource précieuse...
Outre la quantité, il est nécessaire de préserver la qualité de l'eau, donc d'identifier les sources de pollution, tâche difficile tant le parcours de l'eau dans le sol est complexe. Depuis son entrée dans le bassin versant (voir schéma) jusqu'au point de sortie, appelé exutoire, l'eau suit des chemins multiples : elle ruisselle, s'infiltre dans le sol, rejoint les nappes qui peuvent déborder et alimenter les rivières. Ce faisant, elle change de composition chimique et transporte des polluants, sous forme dissoute ou particulaire (nitrates, phosphore, pesticides, métaux lourds, micropolluants émergents, etc. voir tableau). L'Inra étudie notamment les principaux polluants d'origine agricole : les nitrates et les produits phytosanitaires, dont les voies de circulation sont très différentes. Les nitrates sont très solubles dans l'eau, mais diffusent lentement et vont en grande partie dans les nappes, alors que les pesticides sont majoritairement entraînés par les ruissellements de surface. Les chercheurs de l'Inra ont construit des modèles pour étudier le transfert de ces polluants dans les eaux.

Excès de nitrates difficiles à résorber

Les chercheurs de l'Inra de Rennes s'intéressent aux nitrates dans les bassins versants de Bretagne. « *Nos travaux ont abouti à des résultats surprenants*, explique Patrick Durand, le directeur de l'unité SAS (1). *Alors qu'on pensait qu'en Bretagne, le temps de transfert des nitrates dans le sol était court, du fait de la relative rareté des nappes souterraines, nous avons montré qu'au contraire, il est en moyenne de cinq ans, avec de grandes variations, de quelques mois à dix ans. Cela signifie que l'azote apporté à un instant et un endroit donnés, par les engrais ou les rejets animaux, peut mettre plusieurs années avant d'apparaître dans les rivières. En corollaire, les taux de nitrates mesurés dans les cours d'eau sont le résultat de nombreuses années de pratiques agricoles* ». Au fil des ans, les nitrates se sont accumulés dans les nappes, et ressortent progressivement dans les rivières. La concentration de nitrates dans les bassins versants bretons étudiés est en moyenne de 35 mg/L, mais peut aller jusqu'à 70 mg/L... alors que la norme est de 50 mg/L pour l'eau potable et qu'il faudrait viser 10 mg/L pour limiter le développement des algues vertes dans les bassins vulnérables.

Modéliser pour guider les pratiques agricoles

Grâce aux connaissances hydrologiques accumulées, les chercheurs de Rennes ont construit un modèle qui permet d'établir un bilan des entrées et des sorties d'azote à l'échelle d'un bassin versant dans différents scénarios de pratiques agricoles (voir schéma). Construit à partir de mesures réelles, il a le mérite de quantifier les flux d'azote (volatilisation, minéralisation, etc.), en fonction de nombreux paramètres propres à chaque bassin : climat, nature du sol, réseau hydrographique, etc. Le modèle, appelé TNT2, montre que la stratégie qui consiste à diminuer les apports azotés doit s'accompagner dans certains cas d'une modification profonde des systèmes de culture ou des aménagements du paysage.
« *Les gestionnaires de l'eau se sont appuyés sur les résultats de notre modèle dans l'établissement du « plan national Algues vertes »* poursuit Patrick Durand (2). *Les choses commencent à s'améliorer en Bretagne, mais les taux de nitrates continuent d'augmenter dans d'autres régions, comme le Bassin parisien et les Pays de Loire, où les temps de transfert plus longs ont retardé la prise de conscience* ».

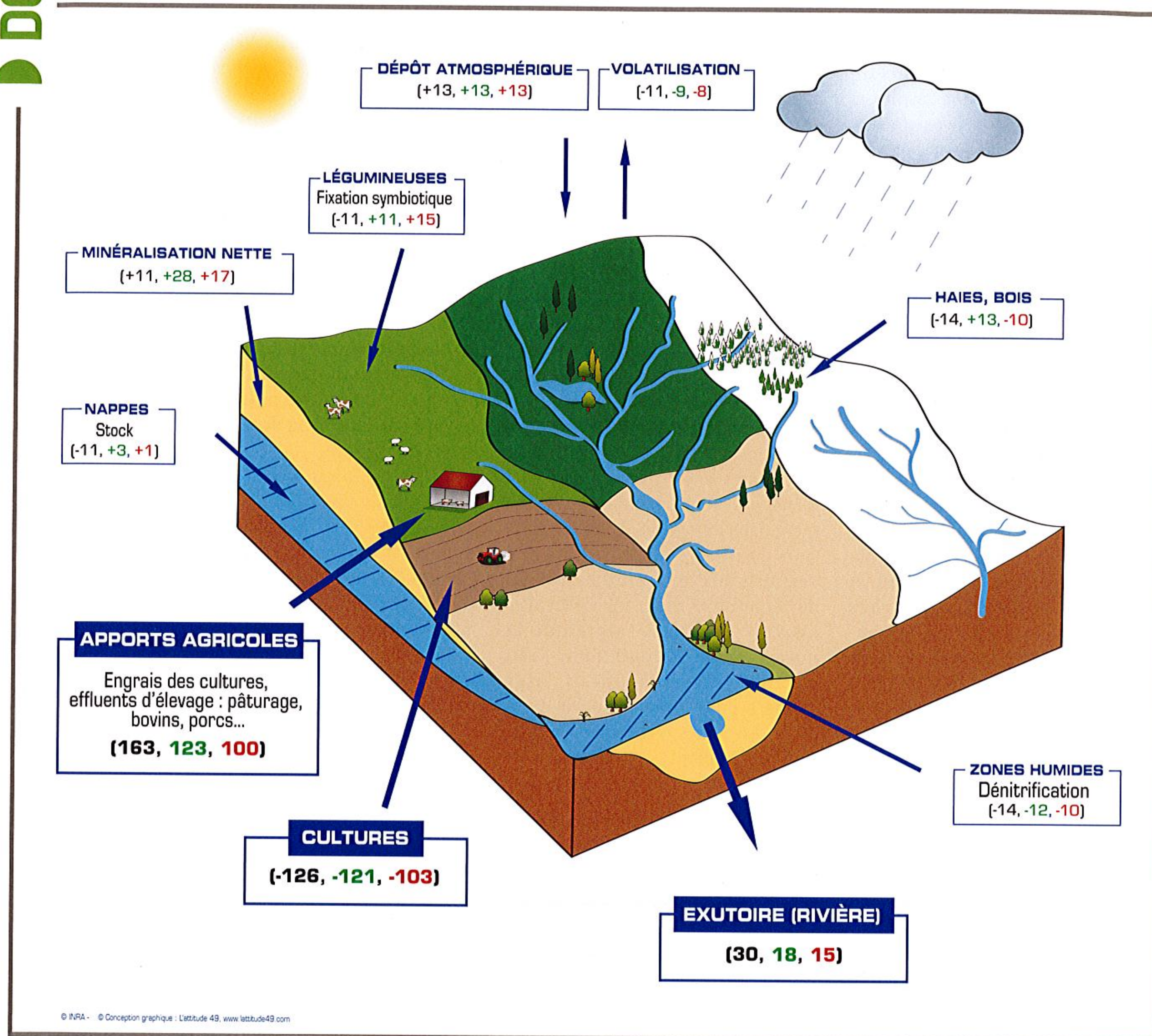
Les principaux polluants des eaux en France

Type de polluant	Limite tolérée dans l'eau potable*	Impact santé/environnement	Origine
Pesticides (herbicides, insecticides, fongicides)	0,1 microgramme par litre par substance 0,5 pour le total des substances mesurées (1)	Impacts sur la santé bien connus à dose élevée, à l'étude en dose chronique	Champs cultivés Usages non agricoles (jardins) et désherbage (routes, voies ferrées)
Nitrates	50 mg/L	Possiblement cancérigène (classification internationale) (2) Eutrophisation des eaux (3)	Engrais azotés, effluents d'élevage
Phosphore	5 mg/L de P_2O_5	Eutrophisation des eaux	Eaux usées des villes, engrais, effluents d'élevage
Eléments traces métalliques (4)	1 mg/L pour le cuivre 5 mg/L pour le zinc	Dangereux pour la santé : cadmium, chrome, cuivre, mercure, plomb, zinc	Installations industrielles, déchets, effluents d'élevage et sols agricoles (5)
Polluants organiques connus	Existence de normes	Effets divers : atteintes du système nerveux, cancers...	Industries chimiques : hydrocarbures, polychlorobiphényles (PCB), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
Polluants organiques émergents	Pas de normes dans les eaux, certains à l'état de trace, difficiles à doser	Effets mal connus	Industries chimiques, pharmaceutiques, cosmétiques : résidus de médicaments, retardateurs de flamme, antioxydants, etc.

*Les normes de potabilité sont établies à Bruxelles pour l'Europe. Elles sont fondées sur des études médicales, avec de grandes marges de précaution.
(1) Les normes de qualité environnementales actuelles ne sont pas respectées pour 11% des points en cours d'eau et sur 18% des points en eaux souterraines (bilan IFEN 2007).
(2) Lien de cause à effet non établi. Etudes épidémiologiques contradictoires quant à une corrélation avec les cancers de l'estomac.
(3) Excès de nutriments responsable de la prolifération des algues vertes, du développement de phytoplancton toxique et de l'asphyxie des eaux douces ou littorales.
(4) Fréquemment désignés par « métaux lourds » dans le langage courant, car ce sont de « gros » atomes.
(5) Cuivre et zinc sont utilisés comme compléments alimentaires pour les porcs et comme fongicides en agriculture biologique.

Bilan azoté d'un bassin versant

Le bassin versant est l'objet d'étude de prédilection des hydrologues, c'est la zone géographique qui alimente un point donné du cours d'eau, appelé exutoire, et qui permet d'établir des bilans.



Chiffres en noir (en kg d'azote/ha/an) : situation d'un bassin versant breton en 1997-98, avec un excédent d'azote assez marqué.
Chiffres en vert : situation dix ans après avec une diminution de 25% des apports azotés (-40 kg d'azote/ha/an).
La rivière a perdu seulement l'équivalent de 12 kg d'azote/ha/an.
Chiffres en rouge : situation si on diminue encore les apports azotés de 13%. Cette nouvelle réduction (-23 kg d'azote/ha/an) a très peu d'impact sur la rivière (-3 kg d'azote/ha/an) car la baisse d'apports se répercute au niveau des cultures (céréales, etc.) qui captent et exportent moins d'azote (-18 kg d'azote/ha/an), du fait précisément d'un déficit d'azote. Il importe donc de mieux cibler les actions sur les pratiques les plus à risque, notamment les rotations qui laissent les sols peu couverts en automne et les retournements de prairies mal gérés... ce qui implique des changements dans les systèmes de production.
La conception de nouveaux systèmes à très faibles fuites d'azote fait partie des nouveaux défis auxquels la recherche agronomique est confrontée.

Les pesticides cernés

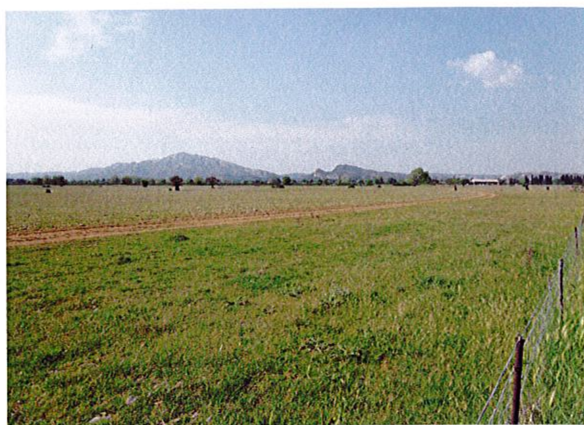
Les chercheurs de l'Inra de Montpellier étudient le transfert des pesticides dans les paysages viticoles. Ils ont construit un modèle de simulation appelé Mhydas qui permet, entre autres, de prévoir les risques de contamination des eaux dans différents scénarios de pratiques culturales. Les chercheurs ont réalisé récemment une percée significative en montrant que le coefficient de partage sol/eau des pesticides varie en fonction du temps. « *Ce coefficient est déterminant car il permet de connaître la proportion de pesticides solubilisée dans l'eau et celle fixée sur les particules du sol. Il est donné comme un paramètre fixe pour chaque produit par le fabricant en conditions de laboratoire. Mais en conditions réelles, il varie avec les cycles humectation-dessication du sol imposés par le climat. Une valeur plus juste de ce paramètre, obtenue en combinant des expérimentations*

en laboratoire et des observations des flux de pesticides sur des parcelles pendant plusieurs années, nous permet d'améliorer considérablement la capacité prédictive du modèle », estime Jérôme Molénat, directeur de l'unité LISAH (3). Le modèle sert de base au développement d'un outil d'aide à la décision dans le cadre d'un partenariat avec des sociétés privées. Destiné aux sociétés d'ingénierie agri-environnementale et aux gestionnaires de territoire (services de l'état, services techniques des collectivités territoriales...), cet outil aidera à évaluer l'effet sur la qualité de l'eau des pratiques de traitement phytosanitaires (produits utilisés, pratiques alternatives par enherbement, etc.) et à guider l'adoption de nouvelles pratiques moins polluantes. Cette initiative a été couronnée par le prix « Hydro-innovation 2011 » dans le cadre du salon Hydrogaïa destiné aux professionnels de l'eau.

Pour une vision intégrée des territoires

L'urbanisation et le changement climatique sont les deux principales menaces sur les ressources en eau et les terres agricoles. Les décideurs manquent d'une vision intégrée et dynamique de leur territoire. Pour cela une démarche intégrative appelée « Astuce & Tic* » a été développée. Elle est basée sur une architecture logicielle qui interconnecte des modèles déjà éprouvés décrivant chacun différentes composantes du territoire. Résultat : quinze indicateurs, présentés sous forme d'autant de cartes et de graphiques, qui permettent d'évaluer les ressources en eau (potabilité, renouvellement de la nappe, rupture des approvisionnements, etc.), les sols (maintien de la fertilité, imperméabilisation, etc.) et la production agricole. Le modèle intégré peut ensuite donner l'évolution de ces indicateurs selon différents scénarios construits à partir d'une analyse socio-économique et juridique des enjeux et des contraintes.

Appliquée à la plaine de La Crau (60 000 ha), la démarche montre qu'en douze ans, plus de 1 600 ha de terres agricoles et naturelles ont été urbanisés. Fabienne Trolard (unité Inra GSE) analyse les résultats : « *à l'horizon 2030, suivant un scénario réaliste, 14% des surfaces de prairies irriguées disparaîtraient sous la pression de l'urbanisation. De plus, la disponibilité en eau pour l'irrigation diminuerait de 30% pour des raisons climatiques. Or, c'est la partie non consommée de l'eau d'irrigation qui renouvelle à 80% la nappe de La Crau, qui alimente plus de 300 000 habitants en eau potable et toute l'industrie. Ceci entraînerait une diminution du niveau des nappes de 1,5 à 13 m, risquant d'assécher les marais classés NATURA 2000, provoquant la remontée du biseau salé et privant 50% de ce territoire d'eau potable !* »



© Inra / Fabienne Trolard

LA CRAU est la seule steppe aride d'Europe dont le sous-sol est gorgé d'eau, grâce à ses prairies irriguées depuis le 16e siècle. Ces prairies produisent aussi l'unique foin AOP de France.

* Projet Astuce &Tic (2008-2011), FUI-Région PACA, mené dans le cadre du pôle de compétitivité « Gestion des risques et vulnérabilité des territoires » des régions PACA et Languedoc-Roussillon. Les partenaires sont des entreprises : G2C, MEED SA, Orange Labs et des laboratoires de recherches : UMR CEREGE (AMU, CNRS, IRD, Collège de France), UR Inra GSE (Géochimie des sols et eaux), Aix-en-Provence et UMR (Inra-UAPV) EMMAH (Environnement méditerranéen et modélisation des agro-hydrosystèmes), Avignon.

Les atouts du paysage

Certains éléments du paysage permettent d'agir sur la qualité de l'eau. Ainsi, les zones humides, situées en bordure des cours d'eau, captent une partie des nitrates, qui sont consommés par la biomasse bactérienne lorsqu'il n'y a plus d'oxygène (processus de dénitrification). Ces zones permettent aussi une rétention des éléments trace métalliques et une dégradation des pesticides. L'UMR SAS a développé une méthode permettant de repérer les zones humides potentielles par des indices topographiques : surface collectrice, pente, position par rapport au ruisseau. Des aménagements peuvent améliorer le potentiel épurateur de ces zones tampons, en permettant une circulation lente des eaux pour laisser le temps aux micro-organismes du sol de consommer d'abord l'oxygène, puis les nitrates. Ou en créant une végétation dense pour piéger les pesticides et les métaux lourds. Convoitées pour plusieurs usages peu compatibles entre eux - fonction tampon, réserves de biodiversité, drainage pour être cultivées - ces zones sont protégées et doivent faire l'objet d'une gestion concertée parfois difficile.

Autres éléments du paysage, les fossés modifient les flux de pesticides en limitant la propagation du ruissellement et en favorisant l'infiltration dans les nappes. L'expérimentation numérique permet là encore de pallier l'impossibilité d'expérimenter sur le terrain et de dessiner des réseaux de fossés optimaux au regard de critères environnementaux.

Enfin, les bandes enherbées réduisent le passage des pesticides dans les cours d'eau.

Les résultats de l'UMR LISAH montrent toutefois la difficulté actuelle d'avoir des préconisations générales pour l'installation de tels dispositifs en raison de la complexité des processus en jeu, de la diversité des situations agro-pédoclimatiques et des lacunes sur la connaissance du devenir des pesticides retenus en surface ou infiltrés.

Le principal moyen de diminuer les concentrations de nitrates et de pesticides dans l'eau reste de réduire leur apport. L'Inra consacre de nombreuses recherches à cet objectif et met à disposition les résultats des expérimentations menées depuis les années 90 tant en grandes cultures qu'en vergers ou vignes. Plusieurs rapports récents d'expertises et d'études consacrés à ces problématiques : 2012 : « Les flux d'azote liés aux élevages » ; 2010 : « Écophyto R&D » ; 2005 : « Pesticides, agriculture et environnement »(4) proposent un éclairage sur les voies de réduction de ces intrants.

(1) UMR Sol Agro et hydrosystème spatialisation, Inra, Agrocampus Rennes.
(2) Le SDAGE Loire Bretagne fixe des objectifs de réduction de 30% au moins des flux de nitrates à l'horizon 2015 dans les huit baies prioritaires de Bretagne. SDAGE : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux, document qui donne les orientations et un cadre juridique à la gestion de l'eau pour chaque bassin.
(3) UMR LISAH : Laboratoire d'étude des interactions Sol - Agrosystème - Hydrosystème, Inra, IRD, Montpellier SupAgro.
(4) www.inra.fr/l_institut/expertise/expertises_realisees

© Yuri Arcurs / Fotolia.co

2 Les industries agroalimentaires entre deux eaux

Un litre d'eau consommé par litre de lait transformé. Vingt litres par kilo de salade ensachée. L'eau, essentielle pour le nettoyage et la désinfection des produits alimentaires, doit être économisée. Parfois indésirable dans les aliments, elle doit aussi être contrôlée : 25% de l'énergie consommée par l'industrie laitière est utilisée pour concentrer le lait. A la croisée de la thermodynamique et de l'industrie, les chercheurs de l'unité STLO, (Science et technologie du lait et de l'œuf), de l'unité GMPA, (Génie et microbiologie des procédés agroalimentaires) et de l'unité PIHM, (Processus aux interfaces et hygiène des matériaux), optimisent les procédés industriels pour économiser eau et énergie.

L'eau, c'est le « je t'aime moi non plus » des industries agroalimentaires. Utile tout au long de la chaîne de transformation, c'est aussi un constituant important de l'aliment. C'est grâce et à cause de l'eau que se développent les bonnes comme les mauvaises bactéries. Sa présence est indispensable aux moisissures à la surface du camembert. Elle donne également sa texture à la confiture : liée au sucre, l'eau n'est pas disponible pour les bactéries. Mais sa teneur et sa disponibilité doivent être absolument maîtrisées, pour assurer simultanément le maintien des qualités du produit et sa bonne conservation.

Extraire l'eau

Les industries agroalimentaires dépensent argent et énergie pour réduire au maximum cette eau, telle l'industrie laitière qui consacre 25% de son énergie à sécher les différentes fractions issues du lait. Extraire l'eau est aussi un moyen plus économique pour transporter le produit. Les industries agroalimentaires ont développé de nombreux procédés pour conserver les aliments. Il s'agit d'enlever l'eau en limitant la dénaturation des propriétés organoleptiques du produit. « *La principale technique utilisée pour déshydrater les produits laitiers est l'évaporation sous vide suivie d'un séchage par pulvérisation. Le séchage consiste à pulvériser, dans une chambre de séchage, le lait en gouttes de 50 à 100 µm dans un air d'environ 200°C. Ces gouttes passant très rapidement dans la chambre, leur température varie entre 45°C et 90°C maximum, ce qui affecte peu les propriétés de l'aliment* », décrit Geneviève Gésan-Guiziou, directrice de recherche à l'unité STLO : « *c'est une méthode efficace pour préserver les produits biologiques car elle ne demande pas des traitements à haute température et elle permet un stockage de poudres à température ambiante. Mais il faut pouvoir adapter la technique à la variété et à la complexité des fractions concentrées à sécher. Pour gagner en productivité, il est devenu nécessaire de comprendre les procédés de concentration par membrane et l'évaporation ainsi que le séchage pour moduler les paramètres en se basant sur les propriétés physico-chimiques et thermodynamiques des produits* ». L'unité STLO s'est ainsi penchée sur les conditions de séchage du lait. En collaboration avec la laiterie de Montaigu, l'Inra a mis au point en 2005 une méthode couplée à un logiciel qui simule les paramètres du séchage en fonction de la disponibilité en eau, du type de tour de séchage et des conditions climatiques.

Pierre Schuck, ingénieur de recherche, détaille : « *commercialisé auprès des industries laitières depuis 2008, ce logiciel augmente la productivité du séchage de 5 à 25%. C'est une vraie économie d'énergie pour ces entreprises : les principaux groupes laitiers mondiaux en sont aujourd'hui équipés. Plus de 10% du volume de lait mondial transitent ainsi par notre logiciel de séchage !* » Dans la même veine, l'unité GMPA a développé le logiciel LyOptM pour améliorer les performances de la lyophilisation. Ce procédé déshydrate à très basse température les produits de haute valeur ajoutée comme les protéines, cellules, micro-organismes ou médicaments. « *Ce logiciel optimise les variables opératoires (température et pression) en fonction du produit et de l'équipement de lyophilisation. Il permet d'économiser jusqu'à 30% d'énergie* » explique Stéphanie Passout, enseignante chercheur. Depuis sa commercialisation en 2009, sept licences ont été vendues à des industries pharmaceutiques.

Concevoir une chaîne de production durable

L'Inra va inaugurer en mars 2012 une plateforme d'Analyse multicritère de la durabilité au centre de Rennes. Impliquant sept départements de recherche, cette plateforme regroupera et structurera des méthodes disponibles pour l'analyse et l'évaluation de la durabilité des systèmes de production et de transformation des produits agricoles. Ces méthodes se baseront en particulier sur les travaux réalisés sur l'ACV, analyse du cycle de vie, qui évalue les impacts environnementaux d'un produit, d'un procédé ou d'un service mais intègreront également les enjeux économiques et sociaux afin d'aller vers une Analyse de la durabilité du cycle de vie. Des outils de calcul et bases de données seront développés et mis à la disposition des ingénieurs et scientifiques de l'Inra et de leurs partenaires.

Economiser l'eau de nettoyage

Pour Thierry Benezech, directeur de recherche à PIHM : « *l'eau dans les industries agroalimentaires est un réel enjeu de recherche. Il est nécessaire de réduire sa consommation au maximum tout en respectant la qualité du produit, dans un contexte de ressource et d'énergie de plus en plus tendu* ». Les industries agroalimentaires font partie des plus gros consommateurs industriels avec leurs fortes exigences en volume mais aussi en qualité : l'eau au contact des aliments se doit d'être potable, voire même avec une exigence de pureté supérieure. Les industries - tous secteurs confondus - représentent d'ailleurs près de 20% de l'eau consommée dans le monde. Les industries agroalimentaires utilisent notamment de l'eau comme transport hydraulique le long de la chaîne de transformation, mais aussi comme agent de nettoyage. Pour Geneviève Gésan-Guiziou, « *en industrie laitière, le nettoyage peut prendre cinq heures par jour et génère une part importante des effluents rejetés en station. Pour un litre de lait traité, on produit en moyenne un litre d'effluents, mais selon le type de produit laitier fabriqué on peut atteindre jusqu'à six à huit litres d'eau par litre de lait mis en œuvre !* ». Mais la sévérité croissante de la réglementation sur la mise en décharge et l'épandage des effluents industriels, ainsi que l'élévation de la taxe sur les rejets depuis les années 2000, pèsent sur ces industries gourmandes en eau et fortement productrices d'effluents. Geneviève Gésan-Guiziou précise : « *malgré ces charges qui augmentent pour les industriels, les opérations de nettoyage des équipements alimentaires sont encore largement conduites de manière empirique, bien que la situation se soit améliorée. Cela entraîne une surconsommation d'eau et de produits chimiques* ». L'Inra travaille sur cette problématique de réduction des effluents des industries agroalimentaires depuis les années 90. Geneviève Gésan-Guiziou observe : « *on réfléchit plus généralement à concevoir et à conduire des procédés pour réduire les volumes d'eau ou de produits chimiques consommés, tout en maintenant la productivité et la sécurité alimentaire des produits. Le nettoyage des installations à membrane, très utilisées dans l'industrie mais difficiles à nettoyer, sera un des enjeux de ces prochaines années ! Les opérations à membrane font partie des rares opérations de transformation utilisant des solutions de nettoyage complexes à usage unique, ce qui conduit à de fortes consommations de produits chimiques et d'eau (1,25 à 5,0 m^3 d'eau par 100 m^2 de membrane et par opération). Leur nettoyage peut même être un verrou dans la mise en place de nouveaux procédés et l'élaboration de nouveaux produits* ». En s'inscrivant dans une démarche d'écoconception (voir encadré ci-dessus), l'Inra a notamment cherché à optimiser le nettoyage de lignes de production en proposant des outils d'aide à la décision (capteurs, traceurs, traitements de données) pour aider à la conception et à la gestion des équipements industriels. Une expérimentation sur une chaîne de stérilisation de crème dessert chocolatée a ainsi conduit à des réductions par deux du volume et de la charge des effluents.

Optimiser les procédés pour économiser l'eau

20 litres d'eau sont nécessaires pour produire, du champ jusqu'à l'assiette, 1 kg de salade ensachée prête à être consommée ! « *Essentielle pour le nettoyage et la désinfection, l'eau doit être rationalisée. Economiser l'eau en respectant la qualité du produit nécessite d'étudier les modes de contamination des salades le long de la chaîne alimentaire. Nous nous intéressons aux étapes allant de la réception à l'usine au conditionnement, étapes particulièrement critiques en termes d'utilisation massive d'eau et d'eau de javel. Cette dernière conduit à la formation de composés organochlorés cancérigènes* » explique Thierry Bénézech, directeur de recherche à PIHM, (Processus aux interfaces et hygiène des matériaux) et coordinateur du programme européen de recherche Susclean. Regroupant une vingtaine de partenaires de huit pays européens dont dix industriels, ce programme examine les nouvelles stratégies de lavage et de désinfection. Il concevra des machines plus hygiéniques pour les industries de transformation de fruits et légumes frais. Ces stratégies permettront de réduire la consommation en eau et de limiter l'utilisation d'eau de javel. Ce programme, qui débute en mars 2012 pour une fin prévue en 2015, listera également les meilleures techniques disponibles pour l'application de la Directive européenne PRIP, Prévention et réduction intégrées de la pollution.


© galam / Fotolia.c

3 En eaux troubles

C'est un enjeu environnemental et de santé publique majeur. Les eaux usées sont devenues l'un des principaux vecteurs de micropolluants - et de pathogènes - vers le milieu naturel. Dans les stations d'épuration, des chercheurs de l'Inra de Narbonne tentent de comprendre le devenir des micropolluants dans les eaux et les boues. D'autres, en Avignon, s'intéressent au devenir de ces eaux usées dans l'environnement. D'autres encore, à Thonon, ont étudié les impacts de diverses pollutions mais aussi de perturbations beaucoup plus anciennes sur les lacs alpins. Tous cherchent à modéliser le devenir des pollutions dans l'écosystème pour anticiper, voire même prévoir leur évolution en réaction à des perturbations d'origine naturelle ou anthropique.

Noires, grises... Elles sont plus de 7 milliards de m^3 d'eaux usées d'origine domestique, industrielle et pluviale à prendre chaque année la direction des stations d'épuration françaises. Une succession de dispositifs, dépendant de la nature des eaux usées et du type de pollutions à traiter, permettent d'en extraire polluants (carbone, azote, phosphore) et pathogènes. Les eaux traitées sont ensuite rejetées pour la majeure partie d'entre elles dans le milieu naturel, le reste étant recyclé pour différents usages, notamment pour l'agriculture, les industries ou les espaces verts. « *La France n'est*, selon Pierre Renault, directeur de recherche à l'unité d'Avignon Environnement méditerranéen et modélisation des agro-hydrosystèmes (EMMAH), *en comparaison des pays de l'Union européenne, ni bonne, ni mauvaise élève en matière de traitement de ses eaux usées. Elle se situe dans la moyenne mais doit encore faire quelques efforts pour être parfaitement en règle avec la directive européenne de 1991 relative au traitement des eaux usées. Mieux traiter et mieux réutiliser : c'est pour nous un énorme enjeu de recherche en termes d'environnement, de santé publique et d'économie. La France est encore une privilégiée pour son accès à l'eau, mais le réchauffement du climat créera des déséquilibres hydriques dans les régions méditerranéennes. Elles devront mieux gérer et accroître le recyclage de leurs eaux* ». La France ne recycle que 2% de ses eaux usées, contre 5% au total dans le monde. Pour comparaison, Israël réutilise - principalement pour son irrigation - plus de 70% de ses eaux usées. Mais il n'est pas le seul. Chypre souhaite par exemple, dans les cinq à dix prochaines années réutiliser 100% de ses eaux usées. Et certaines villes s'essayent même à les recycler en eau potable comme en Namibie, en Australie, ou à Singapour.

La goutte qui fait déborder la vase

Le traitement des eaux usées repose sur l'élimination des polluants majeurs, micro-organismes et matières organiques biodégradables et nutriments comme l'azote ou le phosphore... Mais, avec plus de 110 000 substances chimiques déjà mises sur le

marché en Europe, le suivi des polluants dans les stations d'épuration est une gageure… Une circulaire de 2010 exige d'ailleurs la surveillance des micropolluants dans les stations d'épuration, mais n'impose pas encore de limites de rejet.

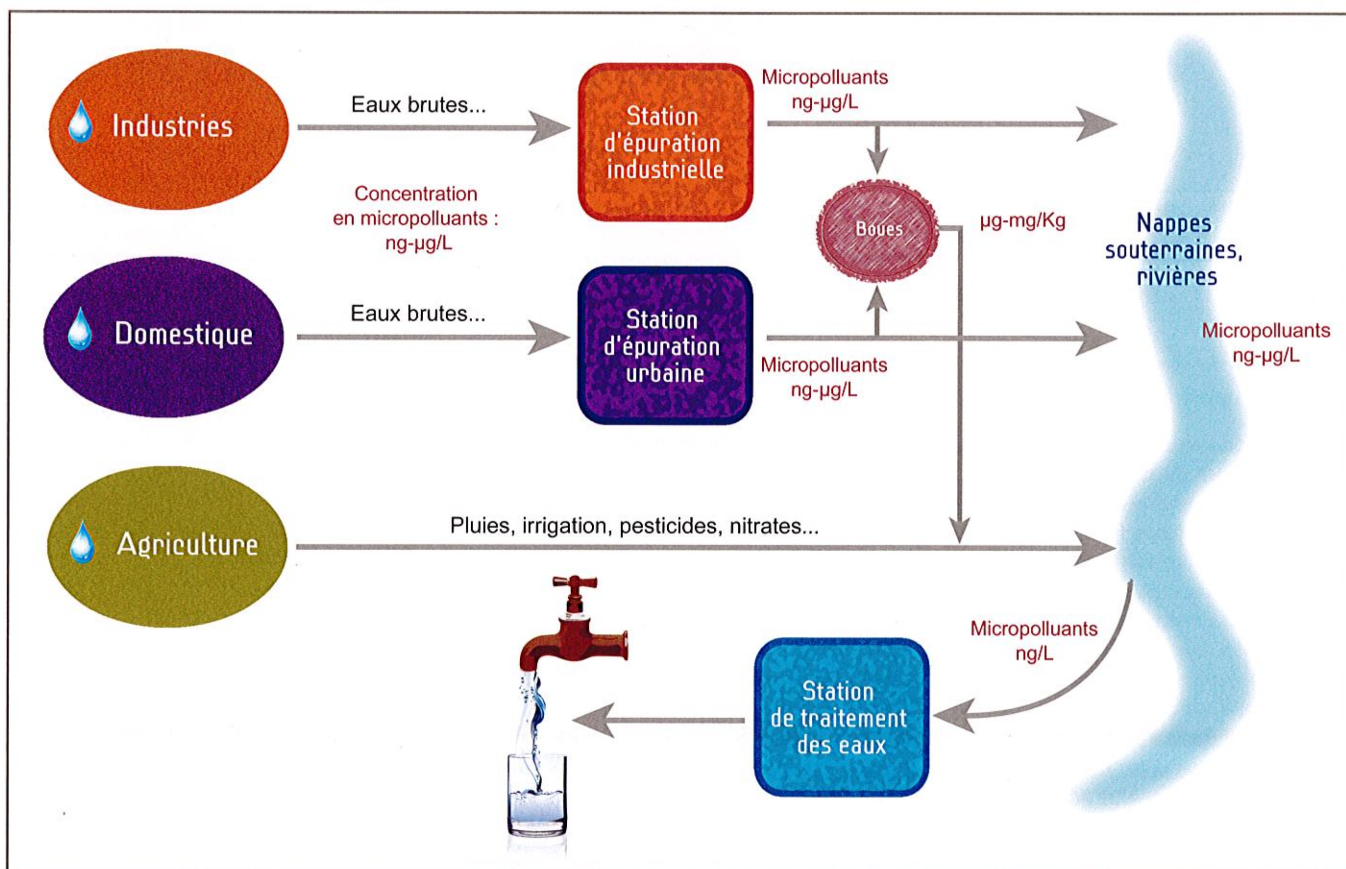
A partir de l'examen de données écotoxicologiques, les scientifiques ont identifié de nouvelles substances dites émergentes, pour lesquelles on ne sait pas évaluer la persistance et la dangerosité sur l'environnement. Ce sont des micropolluants organiques susceptibles d'avoir une action toxique à des concentrations infimes dans un milieu donné, comme les hormones, les nouveaux pesticides, les produits pharmaceutiques et cosmétiques et autres composés de grande consommation.

Les stations d'épuration, souvent non conçues pour éliminer les micropolluants organiques, sont ainsi un point de convergence et de dissémination vers les milieux aquatiques. Les concentrations de résidus médicamenteux peuvent atteindre plusieurs centaines de microgrammes par litre dans les effluents et les eaux résiduaires, et se retrouver à des concentrations de quelques nanogrammes dans les eaux superficielles, souterraines et de consommation (voir schéma). Les rendements d'élimination des polluants par les stations d'épuration oscillent entre 30% et 99%, avec des concentrations dans les rejets entre 100 ng/L (1 ng = 1 milliardième de g) et 1 ou 2 µg/L (1 µg = 1 millionième de g). On retrouve ces polluants dans les rivières, à des concentrations de quelques ng/L ou dizaines de ng/L, et de manière moins fréquente mais aux mêmes concentrations, dans les eaux souterraines. Y compris dans les périmètres de captage de l'eau potable.

Comme un poison dans l'eau

On a estimé que, dans le cas du paracétamol par exemple, sur l'ensemble d'une vie un adulte buvant de l'eau potable consommerait à peine l'équivalent d'un cachet. Quasi rien. Mais quid du cocktail infinitésimal ingéré sur toute une vie ? Quels impacts de ces très faibles concentrations sur les écosystèmes aquatiques et l'être humain ? Il est aujourd'hui très difficile de mesurer ce risque : les scientifiques s'inquiètent de ces effets « cocktail », c'est-à-dire des effets synergiques des mélanges. Selon Dominique Patureau, directrice de recherche à l'unité LBE, laboratoire de biotechnologie de l'environnement de Narbonne, qui travaille sur les mécanismes d'élimination des micropolluants au cours du traitement des eaux et des résidus solides, « *il existe aujourd'hui beaucoup de données mais souvent parcellaires sur la concentration en micropolluants dans les eaux usées et sur leur devenir après rejet dans les écosystèmes recepteurs. Peu étudié jusqu'à présent, le comportement des micropolluants et autres substances émergentes dans les eaux et dans les boues est devenu l'un de nos principaux domaines de recherche... Et cela intéresse. Les acteurs de l'eau nous sollicitent de plus en plus sur cette question* ». Les chercheurs de l'unité ont notamment étudié le devenir des œstrogènes,

Trajet des eaux usées et de leurs micropolluants



La concentration en micropolluants dans les eaux brutes (ng-µg/L) diminue lors de son passage en station d'épuration. Rejetés dans l'environnement, les micropolluants restants sont alors dilués dans les hydrosystèmes pour atteindre quelques ng-µg/L. Ces polluants se retrouveront, plus tard, dans les stations de traitement des eaux à des concentrations de l'ordre du ng/L (1 milliardième de gramme par litre).

hormones sexuelles utilisées dans les pilules contraceptives entre autres, rejetés dans les eaux domestiques, et l'évolution de leur activité endocrinienne sur le milieu. Un perturbateur endocrinien désigne en effet toute molécule mimant les propriétés des hormones et agissant sur l'équilibre hormonal d'espèces vivantes. Pour Dominique Patureau : « *le taux de biodégradation des œstrogènes dans les stations d'épuration atteint les 90%. On en retrouve 2% dans les eaux traitées et 4% dans les boues, soit une concentration de quelques nanogrammes. Cependant, même à ces infimes quantités, on mesure des activités de perturbateurs endocriniens. Il y a bien sûr des phénomènes de dilution dans les rivières, mais par exemple quid de l'étiage, lorsque le débit du cours d'eau est à son point le plus bas ?* »

L'unité EMMAH travaille quant à elle sur le devenir des pathogènes - bactéries et virus - des eaux usées dans l'environnement. Pour Pierre Renault : « *les pathogènes non éliminés par les stations d'épuration et rejetés dans le milieu peuvent entraîner des intoxications alimentaires : comme des épidémies liées aux coquillages par exemple, mais également des cas ponctuels d'intoxication par les eaux potables. Nous avons notamment eu un cas en 2000 dans le Lot où un millier de personnes avaient été atteintes de gastroentérites : en cause la présence de bactéries et de virus dans les eaux, liée à une mauvaise chloration au captage… Et en 2002 en Isère, des gastroentérites d'origine virale dues à une combinaison de facteurs : le dysfonctionnement d'une station d'épuration, l'inondation du périmètre de protection d'un captage à cause des fortes pluies et le mauvais état du puits de captage* ». En France, les helminthes et les protozoaires ne posent pas trop de problèmes, mais les bactéries et les virus sont légion sous les microscopes. Une vraie soupe dans les eaux usées. On pourrait citer, entres autres, *Escherichia Coli*, des salmonelles, des légionnelles, *Vibrio cholerae*, *Campilobacteres*… « *Beaucoup plus résistants mais rarement surveillés dans les eaux usées, les virus peuvent devenir un problème de santé publique. Alors qu'il faut 104 bactéries pour commencer à être malade, moins de dix virus peuvent suffire à nous infecter. D'autant plus qu'un virus peut rester infectieux quelques semaines alors qu'une bactérie peut être vite dégradée dans son environnement par les rayons solaires* » explique Pierre Renault… « *Dans notre unité et en collaboration avec différentes unités notamment la nouvelle TGU d'Agro-écologie de Dijon, nous travaillons particulièrement sur les virus et bientôt les bactéries antibiorésistantes. Nous avons commencé un travail expérimental sur le devenir du virus Mengo dans le sol et dans l'atmosphère, un virus proche de l'hépatite A sans en avoir le pouvoir infectieux. Comprendre le devenir du virus dans l'air est fondamental pour évaluer les risques des systèmes*


© Bambuh / Fotolia.com

Les boues, sujet de recherche

Les boues issues des stations d'épuration représentent en France une production de 900 000 tonnes de matière sèche par an, soit 1 million de tonnes de matière brute. Elles sont épandues pour plus de la moitié dans les champs, ce qui représente 5% de la surface agricole française. L'unité LBE, laboratoire de biotechnologie de l'environnement, s'intéresse particulièrement aux boues, le « *sujet pauvre de la recherche sur les micropolluants. Les boues peuvent être chargées en micropolluants : parmi les substances éliminées à plus de 30% par des systèmes conventionnels de traitement des eaux, 65% sont simplement transférées aux boues ! L'unité étudie leur devenir au cours des procédés de traitement des boues en dénouant les interactions complexes sorption-localisation-(bio)dégradation* » explique Dominique Patureau, directrice de recherche dans l'unité. En étroite collaboration avec des chercheurs des unités EGC et PESSAC de Grignon, nous nous intéressons notamment au devenir des polluants dans les champs, leur accumulation ou leur transfert dans les eaux ou dans les végétaux. « *Nous suivons une multitude de micropolluants de faible teneur depuis la production, le traitement des boues jusqu'à leur utilisation sur sols agricoles et cherchons à comprendre/modéliser leur devenir en plein champ. Cela permet d'évaluer leur accumulation ou leur mobilité dans le sol, les plantes et les eaux et d'estimer potentiellement leur impact écotoxicologique* ».

d'aspersion des eaux usées en irrigation. Dans le sol, les virus peuvent se déplacer sur de grandes distances. On travaille également sur les chargements en matière minérale et organique des eaux usées et leurs impacts sur les caractéristiques du sol, comme la salinité ».

L'état des eaux s'est amélioré

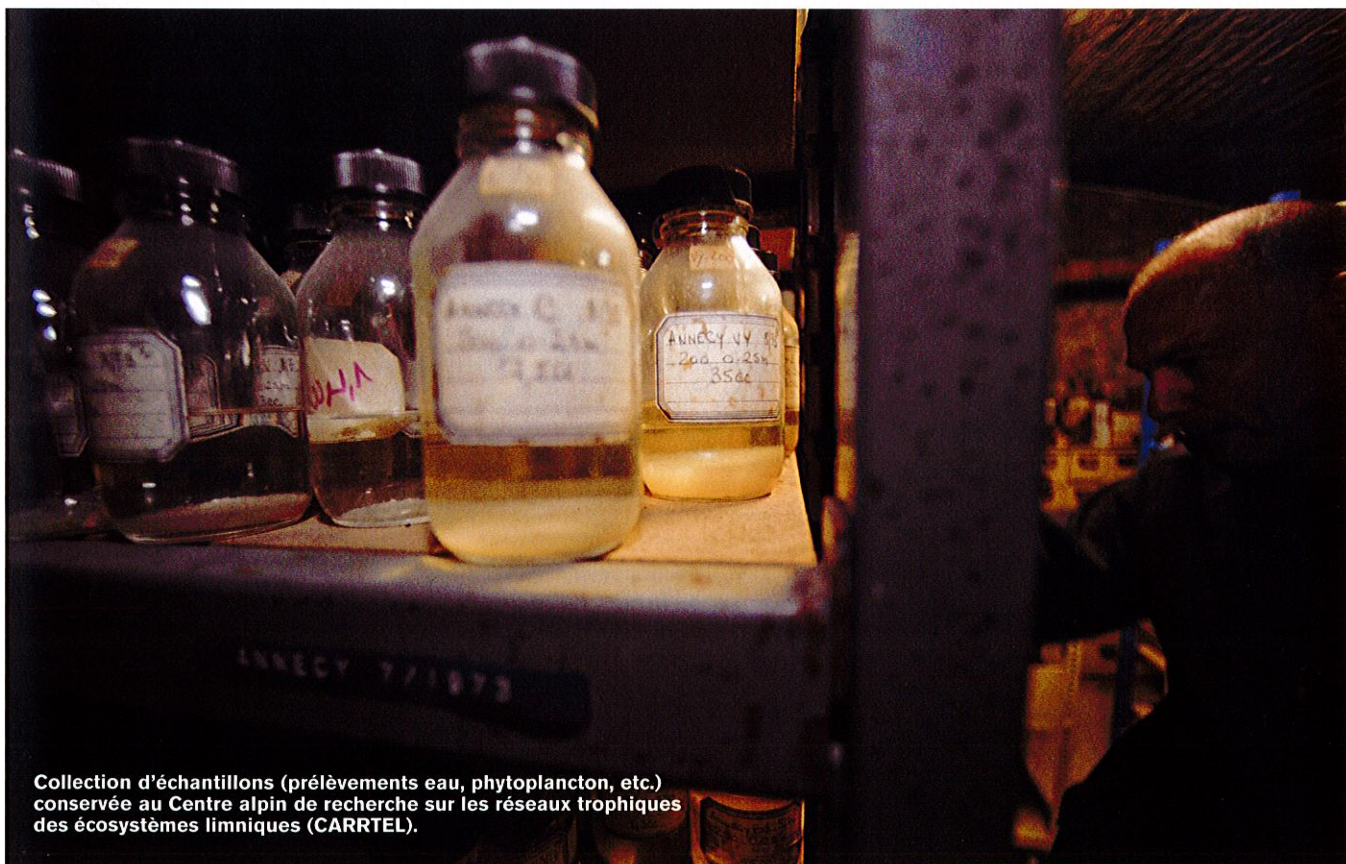
Les écosystèmes aquatiques évoluent sous l'effet de changements naturels - ou de perturbations anthropiques. Si la perturbation ne dépasse pas les seuils d'irréversibilité et si elle est temporaire, l'écosystème pourra revenir à un état d'équilibre proche de son état antérieur. C'est la résilience, c'est-à-dire la capacité de l'écosystème à résister à des perturbations et à revenir à un nouvel état d'équilibre dynamique. « *Le temps de résilience des écosystèmes lacustres est très différent d'un lac à l'autre. Plus les systèmes sont vastes et profonds, plus le temps de résidence des eaux est long et plus l'inertie est grande. Ce temps dépend bien sûr de la concentration de la charge polluante. Plusieurs dizaines d'années ont été nécessaires par exemple au lac Léman et au lac du Bourget (dont le temps de résidence des eaux est de onze ans et sept ans respectivement) pour revenir à leur état d'équilibre après l'apparition d'une pollution dans leurs eaux* », explique Isabelle Domaizon, chargée de recherche à l'unité CARRTEL, Centre alpin de recherche sur les réseaux trophiques des écosystèmes limniques.

En fonctionnement depuis les années soixante, l'observatoire de l'Inra sur les grands lacs péri-alpins suit l'évolution du milieu lacustre sur le long terme. Il décortique les mécanismes et les interactions multiples qui orchestrent l'écosystème et son évolution dans le temps.

L'unité, en partenariat étroit avec l'université de Savoie et l'IRSTEA de Lyon, s'est intéressée récemment au devenir des polychlorobiphényles (PCB) dans les lacs. Malgré leur interdiction en 1987, les PCB, dérivés chlorés écotoxiques, cancérigènes et persistants, sont encore susceptibles d'être présents dans la chaîne trophique. Largement utilisés entre les années trente et les années quatre-vingt dans de nombreux produits comme les isolants, liquides de refroidissement, plastiques, adhésifs et peintures, ils ont contaminé de nombreux cours d'eau. Peu biodégradables, ils se

ADN, preuve ultime

L'unité CARRTEL de Thonon prospecte, par des approches paléolimnologiques, les archives sédimentaires du lac Léman. Elle y traque l'ADN des restes des communautés passées (plancton : diatomées, cyanobactéries). « *Grâce à ces observations, nous pouvons remonter l'histoire du lac et de son écosystème sur des centaines d'années. Nous avons pu suivre ainsi les réponses des populations lacustres face aux perturbations d'origine anthropique et naturelle et mesurer la manière dont elles reviennent à un état d'équilibre. C'est une échelle de temps suffisamment importante pour comprendre les interactions entre l'homme et le milieu. Nous pouvons par cette approche mettre en évidence des effets de seuil et étudier la capacité et la vitesse de résilience des systèmes* », explique Isabelle Domaizon, chargée de recherche dans l'unité. Ces outils, couplant l'analyse moléculaire et la paléolimnologie (séquençage classique, séquençage massif et PCR quantitative) seront déclinés dans d'autres systèmes lacustres. Cette démarche est notamment proposée dans le cadre d'un projet européen Biodiversa (projet Bio-REAL), qui intègre les sites d'études de Norvège, Suède et Autriche. Il s'agirait, à terme, de prédire la réponse des systèmes planctoniques face à des évolutions diverses du lac (usages du bassin versant, changements climatiques, introduction d'espèces).



Collection d'échantillons (prélèvements eau, phytoplancton, etc.) conservée au Centre alpin de recherche sur les réseaux trophiques des écosystèmes limniques (CARRTEL).

sont accumulés dans l'environnement. « *Leur interdiction il y a plus de vingt ans, a stoppé la pression de pollution directe. Mais on les détecte toujours dans les sédiments des lacs. Nous essayons de comprendre la remobilisation des PCB des sédiments vers le milieu qui peut entraîner une contamination des macro-invertébrés benthiques. A leur tour, ils peuvent être ingérés par des poissons qui accumulent les PCB dans leurs cellules graisseuses jusqu'au consommateur final. Quelques alertes ont ponctuellement été lancées pour interdire la consommation de certaines espèces et tailles de poissons lorsque l'on détectait une contamination significative au regard des seuils européens* », analyse Isabelle Domaizon.

L'observatoire a examiné les changements de concentration en phosphates et étudié leurs conséquences écologiques dans le lac Léman depuis cinquante ans. Et, bonne nouvelle, l'état des eaux s'est amélioré ! L'eutrophisation du lac a augmenté jusque dans les années 80 à cause de rejets domestiques riches en phosphates - notamment utilisés dans les lessives. Avec l'interdiction de l'usage des phosphates dans les lessives et le développement généralisé des traitements des eaux usées, incluant des techniques de déphosphatation dans les stations d'épuration, la source de pollution s'est largement tarie. En parallèle, pendant vingt ans, l'Inra et les gestionnaires du lac pratiquaient un repeuplement assisté d'alevins, à des fins scientifiques ou de soutien à la pêche. Ce soutien s'est progressivement réduit lorsque l'habitat naturel est revenu à un état propice au maintien spontané des populations piscicoles. Le retour à une qualité chimique des eaux plutôt satisfaisante dans les grands lacs péri-alpins, s'accompagne d'une réponse biologique complexe et notamment une modification de la diversité et de l'abondance des populations. L'unité s'intéresse désormais aux effets combinés de ce nouvel état du lac plus pauvre en nutriments et au réchauffement de la masse d'eau. L'évolution des systèmes lacustres résulte de facteurs de forçage à la fois locaux et globaux qui interagissent et dont les parts respectives nécessitent aujourd'hui d'être mieux étudiées.



LA LYMNÉE DES ÉTANGS (*Lymnaea stagnalis*) : espèce modèle pour l'étude des effets reprotoxiques des produits chimiques sur les mollusques. Adultes en cours d'accouplement.

Réglementer à la source les perturbateurs endocriniens

Avant d'autoriser la vente d'un produit phytopharmaceutique, doit-on s'assurer qu'il n'a aucun impact sur la reproduction de l'homme et des populations animales, aquatiques ou terrestres ? Le critère « perturbateur endocrinien » peut-il être pris en compte dans l'évaluation du risque d'un pesticide avant sa mise sur le marché ? Est-ce un critère d'exclusion pertinent ? Comment l'évaluer ? Un test *in vitro* peut-il prédire les effets *in vivo* sur un organisme intact (selon la définition même d'un perturbateur endocrinien) ? Ces controverses, cruciales pour l'avenir de l'utilisation des pesticides - et de beaucoup d'autres substances chimiques (composés industriels, produits pharmaceutiques, cosmétiques) - agitent scientifiques, industriels et pouvoirs publics depuis la publication de la nouvelle Directive européenne (EC 1107/2009) sur l'évaluation des produits phytopharmaceutiques.

L'unité Ecologie et santé des écosystèmes (ESE) de l'Inra a lancé en janvier 2012 deux programmes de recherche (CREOLE et MODENDO) soutenus par l'Anses. Il s'agit d'élaborer une méthode de criblage pour évaluer les effets reprotoxiques de pesticides et biocides chez les mollusques et crustacés. Pendant trois ans, les chercheurs détermineront comment ces substances modifient l'état de santé des individus évalué par des approches de transcriptomique et protéomique, et l'expression de leur fécondité. Ils développeront des modèles pour simuler et prédire les conséquences sur les populations des altérations de la physiologie des organismes. Laurent Lagadic, directeur de recherche précise : « *c'est un sujet qui préoccupe beaucoup de monde, aussi bien dans l'industrie que dans les structures chargées de l'évaluation du risque environnemental des pesticides, tant en France qu'en Europe… L'idée est de savoir dans quelles conditions et pour quelles molécules le critère d'évaluation « perturbateur endocrinien » sera pertinent ou non, s'il doit devenir un critère d'exclusion de molécules en cours d'autorisation de mise sur le marché. Les pesticides ne sont pas les seules substances concernées : leur réglementation devance souvent de quelques années les réglementations d'autres types de substances. De très nombreuses molécules ont un impact sur l'activité endocrinienne des êtres vivants. A terme, cela peut représenter un énorme écrémage des produits de chimie de synthèse* ».

Dossier rédigé par **Pascale Mollier** et **Cécile Poulain**
Responsables scientifiques : **Chantal Gascuel** et **Catherine Esnouf**

Frissons dans les blés

REPORTAGE

Fin mars, c'est la fin de la campagne annuelle de tests à la station de Chaux-des-Prés, dans le Haut-Jura. Rattachée à l'Inra de Dijon, cette station unique en Europe teste depuis 1949 la résistance au froid des céréales et, plus récemment, des pois d'hiver. Elle a permis la sélection et l'inscription au catalogue français de nombreuses variétés de céréales résistantes au froid.



La région du Haut-Jura, où se situe Chaux-des-Prés, porte bien son surnom de « Sibérie française ». La température peut descendre en hiver jusqu'à -36°C (1985). C'est l'endroit rêvé pour tester la résistance au froid des céréales et pois d'hiver. La station (1) est située à 875 mètres d'altitude. Elle est composée de deux serres mobiles automatiques : fermées en cas de pluie ou de neige, elles sont ouvertes quand le ciel est clair pour laisser les plantes exposées au froid.

Les principales espèces testées : blé, orge, triticale



© Inra / Jean Weber

Blé



© Inra / Florence Carreras

Orge



© Inra / Catherine Tournois

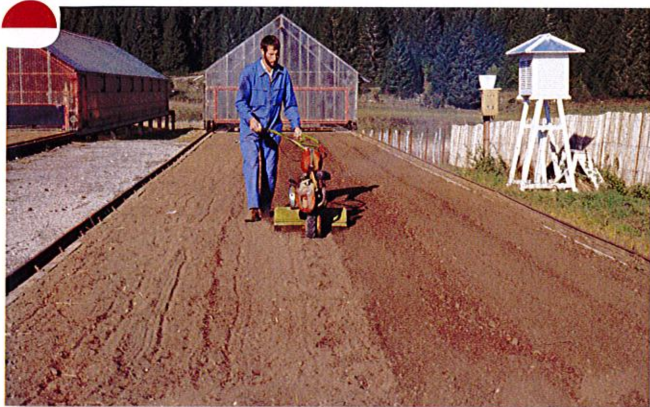
Triticale

Le matériel testé comprend surtout des blés tendres d'hiver et quelques lignées de printemps, de l'orge d'hiver et du triticale. Les lignées proviennent des laboratoires de sélection Inra, du Centre de ressources génétiques ou encore de sélectionneurs privés et d'organismes européens. Toutes les variétés en cours d'inscription au catalogue officiel français sont également évaluées à Chaux-des-Prés. Pour être inscrite, chaque variété doit se distinguer des variétés déjà enregistrées et faire preuve d'homogénéité et de stabilité dans la durée. Outre la résistance au froid recherchée ici, elle doit de plus satisfaire à d'autres critères agronomiques (rendement…), technologiques et environnementaux (résistances aux maladies, à la verse...).
La variabilité génétique des variétés vis-à-vis du froid hivernal est importante. Les variétés les plus sensibles sont touchées à des températures de -12°C, mais les champions en la matière supportent des coups de froid de l'ordre de -30°C. Les observations dans la station sont faites sur deux saisons pour ajuster l'évaluation.

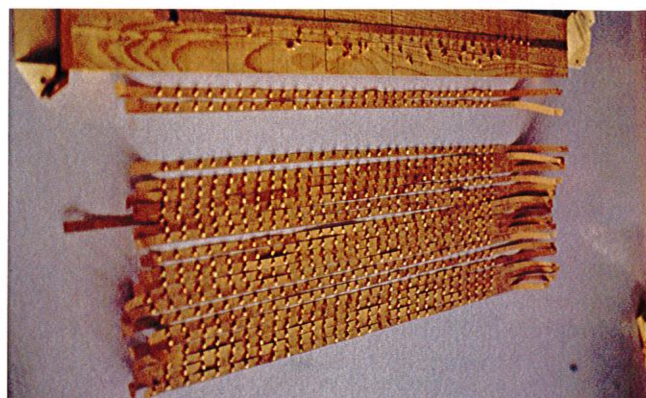
(1) La station est pilotée par le Domaine expérimental de Dijon-Epoisses, centre Inra de Dijon.

La campagne de tests pas à pas

Alex Giraud, responsable de la station, explique les différentes phases de la campagne de tests: *«nous préparons le terrain dès la mi-septembre: labour léger, rayonnage, et préparation des graines. Elles sont collées sur des bandes papier selon une procédure standardisée pour faciliter les plantations et les observations (30 grains par bande, espacés de 2,5 cm, embryons tournés du même côté). Le semis peut ensuite être mis en place. La levée a lieu rapidement grâce à un arrosage et à la fermeture des serres. Nous effectuons fin octobre un premier comptage des plantules levées au stade «une feuille». La levée est en général bien régulière».*



Labour



Bandes de semis



Mise en place des bandes de semis



La levée des pois (rangée au centre) demande quelques jours de plus que celle des céréales

« Ensuite, nous faisons des notations régulières après chaque vague de froid. Cette notation des dégâts foliaires se fait par comparaison avec une gamme de variétés témoins. En fin de saison, vers fin mars-début avril, on compte les plantes survivantes et on attribue une note finale pour chaque variété, en comparant aux témoins, et en tenant compte à la fois des dégâts foliaires et du taux de survie».



Comparatif entre deux variétés, l'une résistante et l'autre pas



Une gamme de variétés connues, de résistances décroissantes (de gauche à droite) permet de situer le niveau de résistance des variétés testées

Le pois : débuts prometteurs



Dégâts sur pois d'hiver

« Depuis 6 ans, nous avons commencé les tests sur les variétés de pois d'hiver. A la demande du CTPS (Comité technique permanent de la sélection), nous évaluons les nouvelles lignées candidates à l'inscription au catalogue officiel. Nous testons aussi les lignées en fin de sélection de nos collègues de l'Inra. Il nous faudra encore deux ou trois ans pour identifier des lignées intéressantes. Au départ, nous avions peur que le climat ici soit trop froid pour les pois et que tout meure. Mais, comme la température ne chute pas brutalement, il y a une phase d'endurcissement qui permet aux plantes de mieux résister et qui nous permet de voir des différences entre les lignées ».

Un terrain pour des recherches plus fondamentales

En dehors des évaluations courantes, ces installations servent aussi ponctuellement à des études sur la résistance au froid. Par exemple, l'Institut fédéral de technologie de Zurich a mené une étude des gènes de résistances au froid, par marquage moléculaire, sur une collection mondiale de blés. La station a aussi permis la mise au point d'un modèle de prévisions des dégâts de froid en fonction du stade des plantes, des températures précédant l'arrivée de la vague de froid et de la détermination des seuils de résistances des variétés témoins. Ce modèle est en cours d'adaptation pour l'espèce « pois d'hiver ».

L'intérêt des variétés d'hiver

Les céréales d'hiver, semées en octobre et récoltées en été, ont un cycle de végétation plus long, donc un potentiel de rendement plus élevé que les variétés de printemps (semées en février-mars et récoltées en été). Pour le pois, les variétés d'hiver sont récoltées plus tôt que les variétés de printemps, ce qui peut être intéressant pour limiter l'exposition aux stress de fin de cycle : sécheresse, forte température. Pour conserver ces avantages, les variétés doivent passer la phase hivernale sans être affectées par les conditions climatiques, en particulier le gel, il est donc important de connaître finement leur niveau de résistance pour les positionner dans les régions les plus adaptées.

Repères :

Pour un hiver moyen sur 60 ans à la station, on compte :
- 19 jours de températures comprises entre -10 et -15°C
- 9 jours entre -15 et -20 °C
- 4 jours entre -20 et -25 °C
- 2 jours de températures < à -25°C

Précipitations d'octobre à mars : 920 mm (sur 23 années)

Gérard Simonin
Photos : © Inra

+d'infos

contact :
alex.giraud@epoisses.inra.fr, valerie.dufayet@dijon.inra.fr

référence :
Lecomte C., Giraud A. et Aubert V. 2003. Testing a predicting model for frost resistance of winter wheat in natural conditions. *Agronomie* 23, 51-66.

REPORTAGE

La recherche comme objet de recherche



Depuis 2010, l'unité de recherche Inra Sciences en Société, en lien avec l'Institut français Recherche-Innovation-Société (Ifris), rassemble vingt et un chercheurs de l'Inra en sciences humaines et sociales. Elle questionne le regard que les acteurs de la recherche, les professionnels de l'agriculture et les parties prenantes de la société portent sur le développement de l'agriculture et des sciences du vivant.

Installée depuis 2010 en plein cœur du campus Paris-Est, l'unité Inra SenS investit des situations où les acteurs de l'agriculture et de la recherche agronomique sont interpellés ou mobilisés. S'inscrivant dans les disciplines de sociologie, d'anthropologie, de gestion ou de sciences de l'information, ils décortiquent les regards que portent les scientifiques et la société sur la recherche dans les domaines biotechniques, environnementaux, alimentaires et non alimentaires. Ils n'ont, dans leur bâtiment, ni vaches, ni paillasses, ni microscopes. Ils les observent. Au travers d'enquêtes sociologiques et de consultations d'archives. Sur le terrain surtout : « *nous souhaitons comprendre et accompagner les mutations en cours qui font que la recherche se conçoit, de plus en plus, EN société du fait des enjeux nombreux* » analyse Marc Barbier, directeur de l'unité. L'unité SenS scrute également le web pour mieux comprendre les dynamiques de mobilisation des connaissances et les débats en cours. Elle contribue ainsi au développement de la plateforme technologique Cortext de l'Ifris, qui propose des analyses statistiques, des solutions d'extraction d'information ou de visualisation des données. C'est, selon Jean-Philippe Cointet, « *un nouvel outil très utile pour les chercheurs qui permet de suivre et d'étudier la création et la diffusion de savoirs* ».

Les finalités de leurs travaux ? Des publications, bien sûr, des participations à des travaux d'expertises, comme récemment sur les variétés résistantes aux herbicides ou le chlordécone, aux colloques scientifiques et aux think tanks professionnels... Des interventions également au sein des filières agricoles qu'ils observent. Les chercheurs s'imposent cependant une éthique : ils ne seront pas des Dr Freud ! Ils peuvent être consultés mais ne veulent pas être les conseillers des scientifiques et des acteurs dans leurs recherches. « *Nos observations nous impliquent aussi dans les actions de recherche, car comprendre les choses, c'est aussi les changer. Les transformer* » explique Marc Barbier. « *Pour nous* », ajoute Patrick Steyaert, « *une manière de produire des résultats c'est de renvoyer aux acteurs une interprétation, un effet miroir* ». Comprendre, éclairer... Contribuer à l'action par l'observation de l'action ! »



Marc Barbier, directeur de l'unité SenS

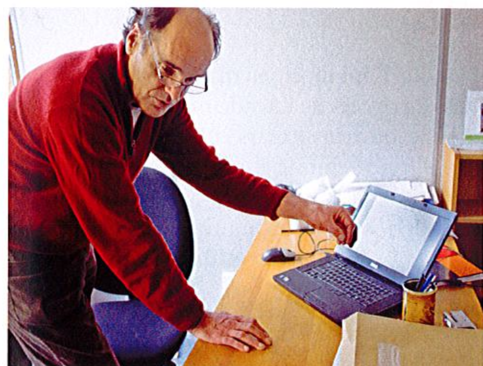
Trois chercheurs de SenS détaillent leurs recherches autour de « Génétiques en Sociétés », une des thématiques traitées par l'unité. Ils analysent les processus de la sélection génétique animale, de la sélection de la rusticité et de la biologie de synthèse.

Adel Selmi, chargé de recherche en socio-anthropologie

Fabriquer l'animal qui convient



« *J'étudie la manière dont les techniques de sélection redéfinissent, transforment ou questionnent la définition de « l'animal qui convient »* explique Adel Selmi. Il s'intéresse à l'innovation et à la production de savoirs en génétique, en génomique et en biotechnologies animales. Démarrant ses premiers travaux sur la sélection génétique porcine, il les a ensuite élargis aux bovins et aux poulets. Le chercheur analyse comment l'évolution de la sélection animale a conditionné la modernisation de l'élevage et la transformation du statut de l'animal. « *Dans les trois filières, la sélection génétique s'est construite depuis l'après-guerre comme un dispositif à la fois organisationnel (régi par la profession ou par le marché), métrologique (instruments conçus par la Science et la Technique) et biopolitique (régulé par l'Etat) dans le cadre d'un vaste projet de rationalisation de la production animale* ». Il a ainsi montré comment les modalités de calcul et d'évaluation de la performance animale s'inscrivent depuis le 19e siècle dans différents régimes de production et de définition de l'animal. Ses travaux l'impliquent dans les filières animales : il est sollicité pour participer à des consultations lancées par l'Inra, afin d'identifier des questions prioritaires pour la recherche scientifique et pour l'avenir de l'élevage.



Patrick Steyaert, ingénieur de recherche en sociologie

Penser la rusticité

« *Les zones d'élevage en résistance avec le modèle dominant se tournent vers nous. Elles sont à la recherche de plus de « rusticité », et souhaitent une sélection autour de ce critère, sortant de la génétique classique* », raconte Patrick Steyaert. Il suit depuis quelques années « *les arènes délibératives où s'élaborent et se mutualisent le savoir* » autour de races locales comme le Roux ardennais, la Maraichine… Les nouveaux enjeux de gestion écologique des milieux modifient le rôle de l'animal : auparavant tourné vers la production, il doit aujourd'hui s'impliquer dans l'exploitation de son environnement (débroussaillage, pâture...). Sa rusticité devient un critère de sélection. Qu'il faut pouvoir déterminer. Dans le cadre d'un projet de l'ANR en cours (O2LA), les chercheurs s'essayent à le définir par l'observation des pratiques traditionnelles : « *les éleveurs sélectionnent leurs animaux en fonction de critères comme la docilité, les qualités maternelles, la résistance au froid ou aux disettes alimentaires… Nous analysons leurs pratiques de sélection, car la rusticité n'est pas qu'une valeur intrinsèque de l'animal mais se construit aussi dans la relation entre l'homme, l'animal et le milieu. L'éleveur a la main sur ce savoir qu'il faut intégrer dans l'organisation de la sélection des races* ».

Pierre-Benoît Joly, directeur de recherche, économiste et sociologue

Mettre en débat la biologie de synthèse



« *Entre cent et deux cents chercheurs travaillent actuellement dans le domaine de la biologie de synthèse en France. Mais le terme « biologie de synthèse » est encore très récent ! Sa définition ne relève pas que de la science, c'est aussi un enjeu politique, économique et social. Une définition, par le périmètre qu'elle institue, peut créer des déplacements importants d'organisation de savoirs et de recherches. Elle a un réel impact sur le débat sociétal* » explique Pierre-Benoît Joly qui travaille sur les controverses et leur mise en débat public comme les OGM, la biologie à haut débit ou encore le clonage animal. La biologie de synthèse fait son entrée dans les politiques scientifiques dans les années 2000. Elle se définit aujourd'hui comme l'ingénierie de composants et systèmes biologiques qui n'existent pas dans la nature ou de ré-ingénierie d'éléments biologiques existants. Elle vise la conception intentionnelle de systèmes biologiques artificiels. « *C'est un domaine en pleine émergence, caractérisé par l'incertitude portant sur la définition des objectifs, des objets et des enjeux. Cette incertitude est un atout essentiel pour sa mise en débat* » analyse Pierre-Benoît Joly qui a coordonné en 2011 l'étude « Biologie de synthèse : conditions de dialogue avec la société » commanditée par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Parmi les solutions proposées, le rapport recommande la création d'un observatoire. Il aurait pour objectif d'étudier les promesses, les enjeux mais aussi les risques technologiques engendrés par cette nouvelle discipline… Analysant les positions du secteur et l'avancée de cette technologie émergente, l'observatoire aurait aussi pour but d'organiser des débats en amont de la programmation des recherches.

Propos recueillis par Cécile Poulain
Reportage photos : Christophe Maître

+d'infos

contact : Marc.barbier@grignon.inra.fr

REPORTAGE

Quand l'Inra prend le chemin des écoliers

L'Inra entretient des relations privilégiées avec le monde de l'Education nationale. Elles témoignent d'une satisfaction réciproque : celle des chercheurs, désireux de partager connaissances et savoir-faire, celle des enseignants et des élèves, curieux de découvrir le monde de la recherche. Déclinées localement, ces actions revêtent des formes variées et bénéficient de partenariats structurés avec les Académies en région.

Expliciter les enjeux et travaux scientifiques auprès du plus grand nombre fait partie de la mission de service public assignée aux organismes de recherche.

Qu'il s'agisse de développer un esprit critique dans une société en mutation où la science est présente au quotidien, que ce soit pour sensibiliser élèves et professeurs en leur proposant des ressources scientifiques accessibles, ou que cela permette de créer de la proximité et de faire se rencontrer des mondes différents, les actions de diffusion de la culture scientifique auprès des publics scolaires se déclinent sous différentes formes, dont voici quelques exemples.



Former les profs

Alors que le sol est aujourd'hui un enjeu majeur en agronomie, ce sont 40 enseignants des lycées de l'Académie de Versailles qui ont partagé par une belle journée de mars 2011, le quotidien des chercheurs de l'unité Physico-chimie et écotoxicologie des sols d'agrosystèmes contaminés de l'Inra de Versailles-Grignon. Au programme, discussions, visites et manipulations, autant d'occasions de découvrir, d'échanger et de pratiquer sur le terrain.

Mickaël Hedde, jeune chercheur, se réjouit « *d'apporter des connaissances plus approfondies aux enseignants, un public nouveau, averti, différent des étudiants de l'université, mais parfois tout aussi dissipé !* ». Céline Pelosi a, quant à elle, apprécié « *l'enthousiasme des professeurs pour faire découvrir la vie du sol à leurs élèves* ».





Cette formation a été reconduite en décembre 2011, avec des conférences de scientifiques de l'Inra et des ateliers pratiques animés par des professeurs associés à l'Institut français de l'éducation (Ifé) de l'ENS de Lyon. Par exemple, Jean-François Carion, professeur de sciences et vie de la terre à Saint-Nazaire (44) a animé un atelier consacré aux lombriciens. Toujours partant pour ce type d'expérience, il ne demande qu'à recommencer : « *c'est très valorisant d'enseigner dans les locaux de l'Inra ! C'est une reconnaissance de notre travail ainsi qu'un soutien matériel et intellectuel* ».

Avec ses collègues, il a proposé aux professeurs en formation des activités directement exploitables en classe et des supports élaborés avec les chercheurs. Au final, un mix pédagogique de travaux pratiques et de ressources très apprécié !

Les élèves à la paillasse



Les champignons microscopiques, c'est quoi, comment les voir, où les mettre en évidence, à quoi servent-ils ? C'est ce que vont découvrir 16 élèves volontaires des classes de 4e et 3e du collège Henri Wallon de Garges-lès-Gonesse (95) au cours de quatre journées organisées cette année par l'unité Biologie et gestion des risques - Champignons pathogènes des plantes de l'Inra de Versailles-Grignon. Ils ont commencé le 1er décembre 2011 par un atelier expérimental dans les laboratoires de Thiverval-Grignon (78). Cette action s'inscrit dans un enseignement optionnel partagé entre les sciences de la vie et la physique-chimie. Sébastien Gibrac, professeur, estime que *« cette action est réellement enrichissante pour les élèves comme pour lui ; elle valorise également l'image du collège et par extension, tout en restant très modeste, la ville de Garges-lès-Gonesse ».*



« Les expériences, c'est bien, on voudrait en faire plus ».



« C'est super de mettre des blouses et des gants, ça fait scientifique ».

Toutes ces actions sont encadrées par une convention entre l'Inra de Versailles-Grignon et l'Académie de Versailles. Signée en 2008, elle renforce la coopération entre les deux structures et vise à mettre en œuvre une véritable politique territoriale d'éducation scientifique en conformité avec les orientations académiques et nationales. Un partenariat similaire a été conclu en avril 2009 avec l'Académie de Paris.

Texte et photos :
Catherine Foucaud-Scheunemann

D'autres actions en régions

La science en images

L'Inra de Clermont-Ferrand Theix organise tous les ans depuis 2003, en collaboration avec le Muséum Henri Lecocq et le conseil général du Puy-de-Dôme, une rencontre originale et séduisante entre chercheurs et public scolaire par l'intermédiaire du film. « Courts de Sciences », tel est son nom, s'organise en deux temps forts : une heure de projection de courts métrages suivie d'une heure de débat avec des spécialistes du domaine. Près de 1 000 élèves de primaires, collèges et lycées y participent annuellement. La prochaine édition se déroulera en octobre 2012.

Rencontre du troisième type

« A la découverte de la recherche » est une opération au nom des plus éloquents : durant un mois, chercheurs, ingénieurs, techniciens, doctorants se rendent dans les classes des collèges et lycées d'Ille-et-Vilaine (35) pour parler de leurs travaux et de leurs métiers avec les élèves. L'édition 2011 a mobilisé 40 établissements. Cette manifestation, lancée en 2007, associe de nombreux partenaires dont l'Inra de Rennes en collaboration avec l'Académie de Rennes.

+d'infos

Les ressources pédagogiques Inra Versailles-Grignon/Ifé seront présentées lors des XIe Journées d'études du sol (mars 2012).

références :

- Pommier M., Foucaud-Scheunemann C. et Morel-Deville F. 2012. De la Recherche à l'Enseignement : modalités du partage des savoirs dans le domaine des sciences de la vie et de la Terre. *in* A. Kiyindou et R. Amador Bautista (dir.), *Nouveaux espaces de partage des savoirs. Dynamiques des réseaux et politiques publiques*, L'Harmattan (Paris), 222 p.

- voir aussi Inra magazine n°11, autour du projet pédagogique Carboschools.

contact :

catherine.foucaud@versailles.inra.fr
www.versailles-grignon.inra.fr

en bref

Du Cemagref à Irstea, un engagement pour la recherche environnementale

Pascal Griset

Trente ans d'évolution ont mené le Cemagref vers l'« Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture », réaffirmant sa double mission de recherche et d'appui en phase avec les enjeux de son temps.

Éditions Quæ, novembre 2011, 156 p., 15 €, (10,50 € en pdf)

Nutrition et alimentation des chevaux

William Martin-Rosset, coord.

L'ouvrage rassemble les connaissances en nutrition et alimentation issues des études Inra et IFCE : cheval et équidés dans leurs utilisations actuelles, la valeur des fourrages et des aliments, le calcul des rations, l'impact environnemental. A destination des enseignants, vétérinaires, étudiants. Les tables d'alimentation seront publiées prochainement.

Éditions Quæ, collection Savoir faire, janvier 2012, 622 p., 50 €

Les énergies - Comprendre les enjeux

Paul Mathis

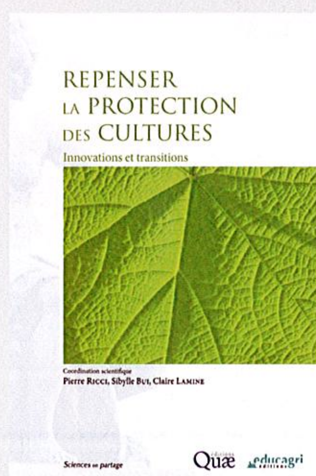
L'auteur explore la question énergétique, posée à tous dans le monde. Il montre la nécessité d'aborder les problèmes par les besoins et les ressources, en fonction des situations locales. Le livre, destiné à un large public, sensibilise à la place que les énergies tiennent dans les sociétés modernes. Il envisage des solutions malgré des contextes contraints ou incertains.

Éditions Quæ, octobre 2011, 254 p., 30 € (21 € en pdf)

REPENSER LA PROTECTION DES CULTURES, INNOVATIONS ET TRANSITIONS

P. Ricci, S. Bui, C. Lamine (coord. scientifique)

CO-ÉDITION EDUCAGRI-QUAE, COLLECTION SCIENCES EN PARTAGE, DÉCEMBRE 2011, 250 P., 2011, 25 € (16,50 € en pdf)



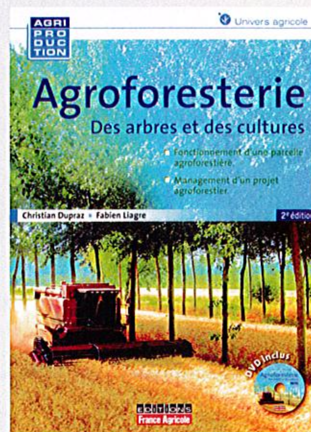
Comment progresser vers de nouvelles pratiques de protection des cultures ? Il s'agit, dans ce livre, de dépasser les difficultés qui ont freiné l'essor des moyens alternatifs de lutte contre les agresseurs des plantes. L'analyse allie les regards d'agronomes, écologues, juristes et sociologues, pour expliciter cette « protection intégrée » qui peine à trouver ses marques. Les cas concrets sortent du projet GéDuPIC coordonné par l'Inra (ANR 2007-2010). Le collectif d'auteurs dessine des voies d'évolution et clarifie les apports des acteurs. C'est un ouvrage pour agriculteurs, professionnels du conseil, de la formation, chercheurs, responsables politiques.

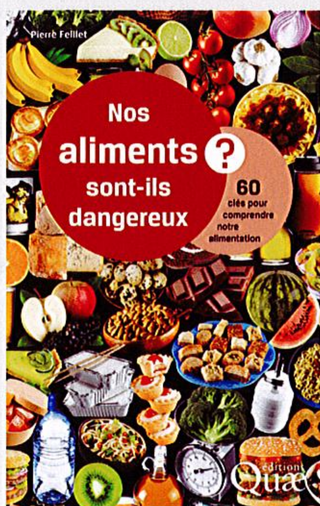
AGROFORESTERIE

Christian Dupraz et Fabien Liagre

EDITIONS LA FRANCE AGRICOLE, NOUVELLE ÉDITION, NOVEMBRE 2011, 434 P., 48 €

L'ouvrage explore toutes les facettes de l'agroforesterie : du fonctionnement de la parcelle, au management d'un projet. La pratique du mélange des arbres et des cultures avait été délaissée. Des premières parcelles d'expérimentation ont été plantées en 1988. L'agroforesterie se développe et les auteurs, un chercheur et un praticien, en exposent l'intérêt : revenu complémentaire, biodiversité, environnement, eau. Le livre propose des outils pratiques : choix des arbres et des parcelles, techniques de plantation, gestion des cultures intercalaires ; un DVD complète la documentation. Un tour d'horizon pour ceux qui envisagent ces cultures associées.





NOS ALIMENTS SONT-ILS DANGEREUX ? 60 CLÉS POUR COMPRENDRE NOTRE ALIMENTATION

Pierre Feillet

EDITIONS QUAE, COLLECTION CLÉS POUR COMPRENDRE, JANVIER 2012, 240 P., 22 € (14,50 € en pdf)

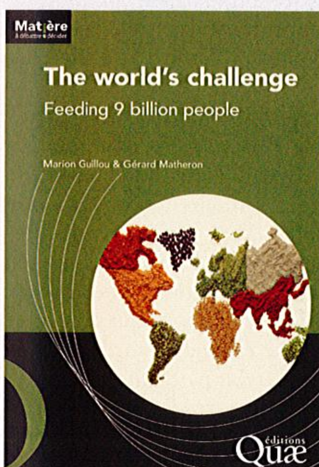
Ces questions-réponses sur la nourriture remettent à une juste place les dramatisations apportées par les médias et par les crises. Le premier thème traité donne le ton du livre, sans complaisance : « Peut-on boire du lait ? », vaste question développée par ses détracteurs. Le titre général évoque un chapitre consacré à la dangerosité de nos aliments. Mais il est aussi question de chimie dans les champs, de régimes alimentaires, de faim dans le monde, d'énergie pour produire la nourriture, de rareté de terres ou... d'aliment-pilule prédit au 19e siècle. L'ensemble constitue une mine de renseignements et n'élude jamais la complexité des sujets.

Les rongeurs de France
Faunistique et biologie
Jean-Pierre Quéré, Henri Le Louarn
Les rongeurs causent des dommages aux écosystèmes terrestres et transmettent des maladies à l'homme. Trente et une espèces sont étudiées dans ce guide destiné aux agriculteurs, aux forestiers, et aux naturalistes. C'est la troisième édition, revue et actualisée, notamment pour la réglementation ou les introductions d'espèces nouvelles.
Éditions Quæ, collection Guide pratique, décembre 2011, 312 p., 39 €, (27,30 € en pdf)

Les OGM à l'épreuve des arguments
Sylvie Berthier, Valérie Péan, coord.
Ce livre rassemble des échanges tenus entre plusieurs contradicteurs, avec des personnalités qui relèvent du champ biologique, économique, philosophique, juridique et politique. Il intéressera les étudiants, les chercheurs ou les décideurs qui veulent se construire une opinion à la frontière des mondes scientifique et politique.
Éditions Quæ, collection Matière à débattre et à décider, novembre 2011, 224 p., 28 €, (19,60 € en pdf)

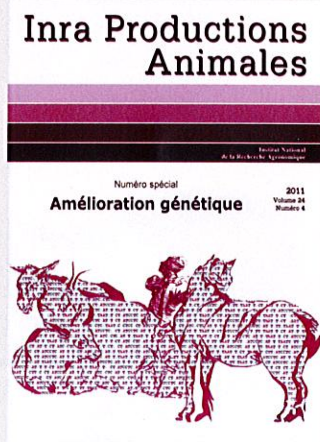
Rédiger pour être publié !
Conseils pratiques pour les scientifiques
Eric Lichtfouse
L'auteur de ce guide rappelle les principes de la communication de la science et les règles à respecter pour rédiger les thèses, rapports industriels, articles scientifiques, livres, blogs…
Il apporte des conseils pour rendre les textes à la fois précis et attractifs. E. Lichtfouse, chercheur à l'Inra, est rédacteur en chef de *Agronomy for sustainable development*.
Éditions Springer, 2nde édition, novembre 2011, 106 p., 28 €

THE WORLD'S CHALLENGE, FEEDING 9 BILLION PEOPLE
Marion Guillou & Gérard Matheron
EDITIONS QUAE, COLLECTION « MATIÈRE À DÉBATTRE ET DÉCIDER », VERSION ANGLAISE, FÉVRIER 2012, 232 P., 46 € (30,40 € en pdf)

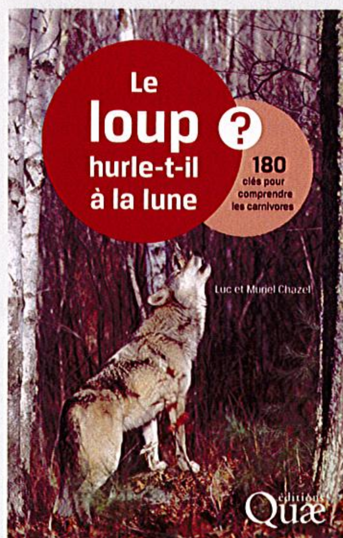


Un milliard de personnes souffrent actuellement de la faim et 1,4 milliard sont en surpoids. La raréfaction des ressources naturelles et le changement climatique pourraient accentuer ces déséquilibres alors que nous franchirons bientôt, en 2050, le cap des 9 milliards d'êtres humains. « *Il est possible de les nourrir, si tous les acteurs concernés, agriculteurs, décideurs politiques ou simples citoyens, se mobilisent dès maintenant pour faire évoluer en profondeur les modèles alimentaires et agricoles* » analysent Marion Guillou, présidente de l'Inra, et Gérard Matheron, président du Cirad dans leur ouvrage « 9 milliards d'hommes à nourrir, un défi pour demain », publié en septembre 2011 aux éditions François Bourin.

INRA - PRODUCTIONS ANIMALES, NUMÉRO SPÉCIAL AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE
P. Mulsant, L. Bodin, B. Coudurier, S. Deretz, P. Le Roy, E. Quillet, J.-M. Perez, coord.
INRA - PRODUCTIONS ANIMALES, VOL. 24 - N°4, DÉCEMBRE 2011, 128 P., 25 €



L'amélioration génétique des animaux a considérablement changé avec l'apparition récente de la sélection génomique, déjà opérationnelle chez les bovins laitiers. Quel en est l'intérêt par rapport à la sélection classique ? Ce numéro présente l'état des lieux et les perspectives de ce nouvel outil, selon les espèces animales : le contexte et les attentes des acteurs, les principes de la sélection génomique, les applications actuelles ou à venir, les contraintes et les nouvelles possibilités offertes.



LE LOUP HURLE-T-IL À LA LUNE ?
180 CLÉS POUR COMPRENDRE LES CARNIVORES
Luc Chazel et Muriel Chazel
EDITIONS QUAE, COLLECTION CLÉS POUR COMPRENDRE, NOVEMBRE 2011, 216 P., 22 € (14,50 € en pdf)

Quel est le point commun entre le morse, la belette et le lion ? Ils mangent de la viande, ce sont des carnivores. Cet opus de questions-réponses, très illustré, fait découvrir les mœurs de cette catégorie de mammifères dont certains représentants sont encore difficiles à photographier. Les deux auteurs, naturalistes spécialisés en inventaires de faune sauvage, dessinent leurs portraits en mêlant science, humour et anecdotes.

REGARD

Innover dans la tradition


© DR

L'IFV, Institut français de la vigne et du vin, est l'interface entre les acteurs de la filière vigne et vin et la recherche publique, en particulier l'Inra. Pour son directeur, l'innovation est indispensable pour rester compétitif et préserver l'environnement dans le respect de la tradition.

Quels sont aujourd'hui les grands enjeux pour la filière vigne et vin en recherche et développement ?

Jean-Pierre Van Ruyskensvelde : Le vin pèse trois milliards d'euros à l'export. Au deuxième rang des exportations françaises après l'aéronautique, la filière vigne et vin doit cependant faire face à une baisse continue du volume de la consommation française. Cela l'oblige à poursuivre son développement à l'export et à chercher sa valeur ajoutée.

Comme pour les autres grands secteurs agricoles français, le développement durable et la compétitivité sont les enjeux essentiels pour son avenir. Nous avons besoin de la recherche pour produire avec moins d'intrants à l'aide de variétés plus résistantes. Mais nous devons aller encore plus loin : le vin est un sujet plus sensible, ce n'est pas un aliment comme un autre. Il nous faut continuer à créer de la valeur pour des productions qui sont pour la plus grande part artisanales et fondées sur la revendication d'une origine et d'un terroir particulier. La valeur d'un vin passe aussi par la valeur de son terroir, de son paysage préservé.

C'est aussi tout l'enjeu de la recherche sur la qualité du vin : il nous faut comprendre au mieux le vin. Mieux connaître ses constituants et leurs mécanismes d'action, mieux comprendre ses qualités comme ses défauts. En exportant de plus en plus, la filière doit en effet proposer une qualité fiable et homogène : il faut que les importateurs puissent reconnaître le profil d'un vin de Bordeaux, de Bourgogne...

C'est un numéro d'équilibriste : nous devons innover, apporter des réponses à la filière, dans une réglementation de production stricte. L'innovation est indispensable dans la pérennité de la tradition : c'est la force de la viticulture française.

En quoi avez-vous besoin de l'Inra et l'Inra de vous ?

J.-P. V.R. : La recherche publique française dans le domaine de la vigne et du vin, et plus particulièrement les équipes Inra, font référence sur le plan mondial. Ce potentiel est donc un formidable atout pour l'avenir de la filière.

Mais, dans le contexte concurrentiel de la filière, le dialogue continu entre recherche et recherche appliquée est plus que jamais nécessaire. Aussi, la préservation d'équipes Inra dédiées au secteur vigne et vin et à ses spécificités est essentiel pour notre Institut.

Comment dialoguez-vous ?

J.-P. V.R. : Le dialogue entre les équipes Inra et IFV s'est considérablement renforcé au cours des trois ou quatre dernières années, pour devenir ce que nous considérons à l'IFV comme un partenariat privilégié, indispensable pour contribuer à l'objectif d'excellence scientifique des travaux et des résultats publiés par l'IFV.
Présidé par François Houllier, le comité scientifique et technique de la filière vigne et vin réunit une quarantaine d'experts nationaux, pour une bonne part de l'Inra. Sa contribution y est essentielle. Outre les missions d'évaluation approfondie des programmes de l'IFV et de ses partenaires de la recherche et développement, le comité scientifique et technique est une formidable usine à projets communs, concrétisés par des projets en réponse aux différents appels d'offres de recherche, français et européens.
Trois unités mixtes technologiques soudent aujourd'hui dans la durée des travaux communs : Génovigne, Vinitera, et Qualinnov. Des collaborateurs de l'IFV sont également accueillis dans des sites de l'Inra, à Colmar, Angers, Montpellier et Gruissan. Nous coordonnons nos actions, avec pour objectif, quand cela est possible, une offre de service commune et complémentaire, en termes de compétences et d'équipements technologiques, auprès des entreprises dans leur démarche d'innovation.
Nous partageons également la plateforme technologique de Pech Rouge, mais aussi le projet VITINEXT, déposé par une équipe Inra IFV de Montpellier avec l'appui d'Inra Transfert dans le cadre de l'appel à projets « investissements d'avenir », premier projet fédérateur d'une telle ampleur nationale pour produire des variétés de vigne résistantes aux maladies, avec un potentiel qualitatif adapté à la qualité des vins français.
Cette dynamique de partenariat durable, précieuse pour l'IFV, devrait se concrétiser tout prochainement par la signature d'un accord cadre Inra IFV, portant sur tous les domaines qui touchent à la vigne et au vin, depuis la sélection végétale vigne jusqu'au conditionnement. Cet accord sera le gage de cette volonté de construire ensemble des projets pour répondre en synergie aux acteurs de la filière, et renforcer ainsi leurs chances de poursuivre le développement d'un secteur qui pèse 250 000 emplois, répartis harmonieusement sur le territoire national.

Quels sont les exemples de réussite commune ? Quels bénéfices pour la filière ?

J.-P. V.R. : En 1995, ces deux instituts ont créé la marque ENTAV-Inra® pour produire et diffuser du matériel végétal dont l'origine, l'authenticité, la qualité sanitaire et la valeur génétique des clones sont garanties. La filière viticole française bénéficie ainsi, grâce aux efforts et aux recherches de l'IFV, de l'Inra et d'un réseau de 32 partenaires présents dans l'ensemble des bassins de production, de la meilleure sélection clonale au monde avec un matériel végétal sain vis-à-vis des principales viroses de la vigne. Cette marque commune ENTAV-Inra® pour la sélection végétale vigne est unanimement reconnue en France, et première marque au plan mondial pour les vignes à raisin de cuve. Nous avons une seule gouvernance avec une synergie de moyens qui propose une offre de service aux pépinières et aux vignerons… La marque ENTAV-Inra® commercialise ainsi 350 variétés et 1 100 clones !
En 2007, l'Inra, avec une université italienne, séquençait le génome de la vigne. Aujourd'hui, l'IFV valorise ces connaissances en utilisant les marqueurs génétiques pour sélectionner les vignes au champ et vérifier l'adaptabilité des ceps dans les différents terroirs. ●

Propos recueillis par Cécile Poulain

L'IFV dans tous les terroirs

L'Institut français de la vigne et du vin (IFV) émane de la fusion, en 2007, des deux instituts techniques nationaux au service de la filière vitivinicole : l'Etablissement national technique pour l'amélioration de la viticulture (ENTAV) et l'Institut technique de la vigne et du vin (ITV France).
L'IFV est composé de 140 collaborateurs (ampélographes, ingénieurs agronomes, généticiens, œnologues, microbiologistes, etc.) et fonctionne avec un budget annuel proche de 11 millions d'euros.
L'IFV, institut de recherche appliquée, est l'interface entre les acteurs de la filière vigne et vin et la recherche publique, en particulier l'Inra. L'IFV, tout comme l'Inra, est un établissement public avec le statut de centre technique industriel. Il est administré par des représentants des familles professionnelles de la filière, pépinière viticole, production, interprofessions, équipementiers, négoce… et de la recherche.
Tout en étant sous tutelle de l'Etat, l'IFV dispose de l'autonomie d'une entreprise. Cela lui donne une réactivité et la capacité de répondre aux besoins de la filière sous des formes diverses.
L'IFV repose avant tout sur des dynamiques régionales, à l'image de l'organisation de la filière vigne et vin française. Pour coller aux spécificités de chaque bassin de production, les équipes IFV sont ainsi implantées dans chaque région viticole.

AGENDA

19/21 mars
PARIS

Congrès international du microbiome humain
Organisé par le consortium européen MetaHIT, ce projet coordonné par l'Inra a pour objet d'étudier le génome de l'ensemble des bactéries constituant la flore intestinale humaine afin de caractériser ses fonctions et ses implications sur la santé.
https://colloque.inra.fr/metahit

19/23 mars
VERSAILLES

Le sol face aux changements globaux
Les XIes journées d'étude des sols sont organisées par les unités Physicochimie et écotoxicologie des sols d'agrosystèmes contaminés et Environnement et grandes cultures de l'Inra Versailles-Grignon.
https://colloque.inra.fr/journees_etude_sols_2012

20/21 mars
LA ROCHELLE

IXe Colloque Agenae/ANR
Ce colloque de restitution est organisé par l'ANR, en charge du programme de Génomique, et le GIS Agenae (génomique animale).
WWW.agenae.fr/programme_agenae

2/3 avril
POITIERS

Le phloème dans tous ses états - Secondes journées de Poitiers
Organisées par l'université de Poitiers, l'Institut Jean-Pierre Bourgin (Inra Versailles), le CNRS, ces journées sont consacrées au phloème - l'un des réseaux vasculaires de conduction des sèves chez les plantes supérieures.
https://colloque4.inra.fr/phloem_2012

3/4 avril
PARIS

Prairies permanentes : de nouveaux atouts pour demain
Ces journées de l'Association française pour la production fourragère visent à promouvoir l'utilisation des prairies permanentes et à conforter leur place dans le paysage agricole, avec la participation de l'Inra.
http://afpf-asso.org

21/25 mai
TOURS

Faire face au changement climatique : la contribution de la science forestière
Cette conférence est organisée par six projets internationaux de recherche-développement, dont cinq associent l'Inra.
WWW.inra.fr/environnement_agronomie

5/8 juin
PARIS

Congrès de la Société française de phytopathologies
Lors de ce colloque, auquel participe l'Inra, les travaux présentés concerneront les maladies des plantes et les méthodes de lutte contre ces maladies.
WWW.agroparistech.fr/Congres-de-la-Societe-Francaise-de.html

19/21 juin
SAINT-MALO

Symposium international - Séchage de produits laitiers par atomisation
Organisé par le laboratoire Science et technologie du lait et de l'œuf de l'Inra de Rennes et par la Fédération internationale de laiterie de Bruxelles et de Paris. Seront abordées les nouvelles avancées de la science et de la technologie : la fabrication des poudres laitières et leurs fonctionnalités.
https://colloque.inra.fr/sddp2012

21 juin
PARIS

L'ONF et la démarche dite des « Forêts d'exception »
Le séminaire « Ruralités contemporaines » - animé par des scientifiques de l'EHESS, du CNRS, du MNHN et de l'Inra - veut rendre compte de travaux récents (articles, livres, films) présentant de nouvelles problématiques de recherches du monde rural en France et en Europe. C'est un lieu de dialogue critique et de formation à l'analyse des transformations sociales, culturelles, économiques et paysagères.

Carrefours de l'innovation agronomique

© Inra / Jean Weber

Colloque Alimentation
Nouveaux enjeux pour la filière blé
29 mars 2012 • Clermont-Ferrand

Ce colloque traitera de trois volets : en quoi les adaptations des variétés et des techniques de culture influent-elles sur la qualité technologique et nutritionnelle des produits ? Comment optimiser la valeur nutritionnelle des blés et des produits dérivés ? En quoi l'intégration des connaissances, la modélisation couplée à l'expérimentation, permettent-elles de progresser dans les prises de décision ?

Colloque Agriculture
Fertilité des sols
6 avril 2012 •
Orléans

Ce colloque présentera une synthèse des connaissances les plus récentes générant des innovations pour mieux caractériser et gérer la fertilité des sols agricoles.

www.inra.fr/ciag

© Inra / Francis Fort